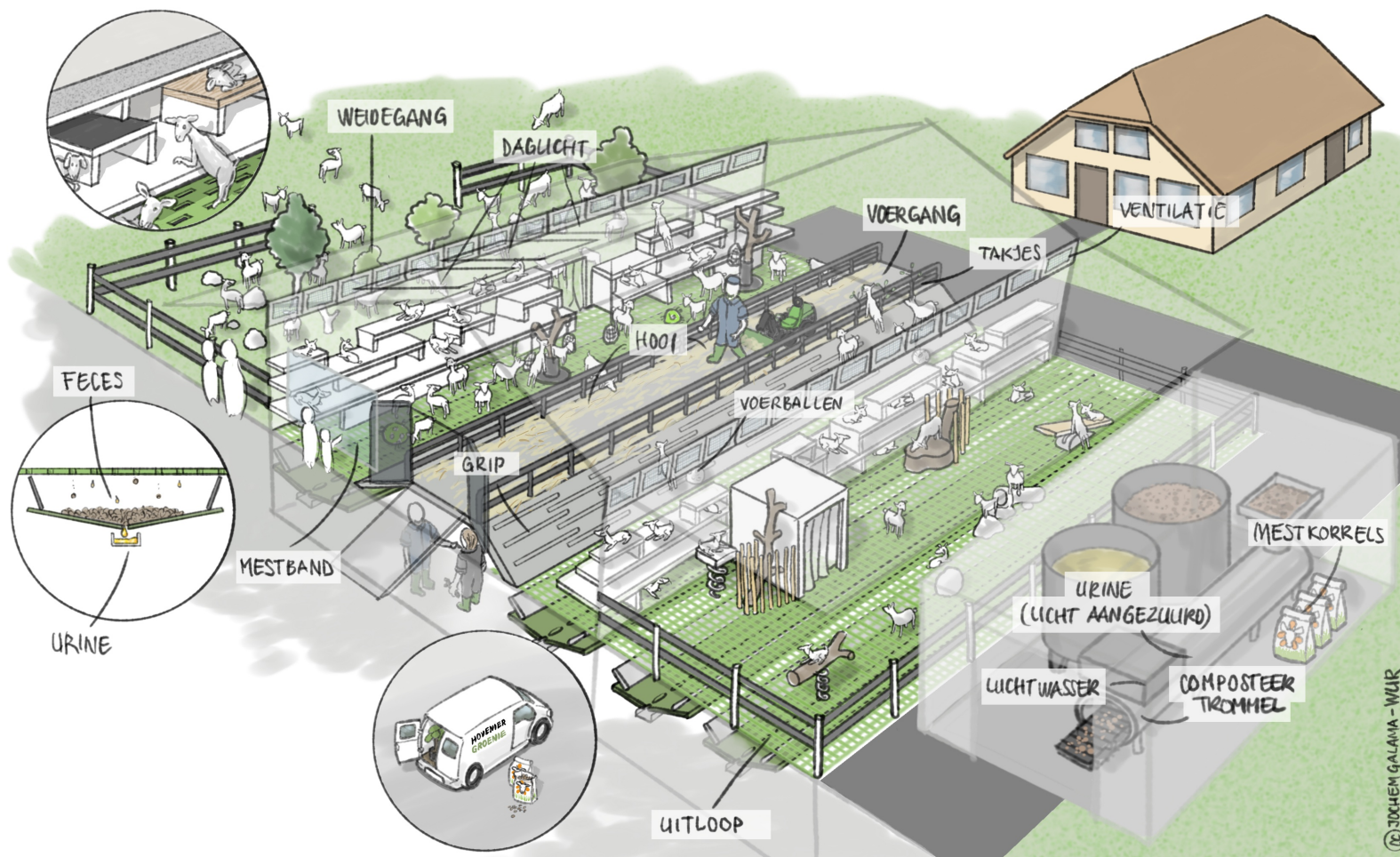




Ontwerpen met melkgeiten en andere stakeholders

Daniel Puente-Rodríguez, Bart Bremmer & Hans Hopster

OPENBAAR
RAPPORT 1597



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Ontwerpen met melkgeiten en andere stakeholders – Eerste stappen voor het herontwerpen van melkgeitenstallen

Editors: Daniel Puente-Rodríguez¹, Bart Bremmer² & Hans Hopster³

1 Wageningen Livestock Research, Wageningen University & Research

2 Innovatiesocioloog

3 HopSterAdvies

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Veilige en duurzame primaire productie' (projectnummer BO-43-111-051).

Wageningen Livestock Research
Wageningen, oktober 2025

Rapport 1597

Samenvatting NL: In dit rapport worden de eerste stappen van een interactief ontwerpproces in de melkgeitenhouderij uitgewerkt. Het doel is om meerdere principes en (deel)concepten te bedenken voor melkgeitenstallen om emissies (van ammoniak, methaan en andere broeikasgassen) te reduceren en de diergezondheid en het dierenwelzijn te verbeteren. Hiervoor is een analyse uitgevoerd van het huidige huisvestingssysteem in de melkgeitenhouderij, de potstal. Vervolgens is een literatuurstudie uitgevoerd naar de gedrags- en fysiologische behoeften van melkgeiten. Dit om ervoor te zorgen dat bij nieuwe huisvestingsystemen betere welzijnsstandaarden kunnen worden bereikt. Tevens worden de resultaten gepresenteerd van een pilot waarin het gedrag van melkgeiten wordt bestudeerd wanneer ze toegang krijgen tot plateaus in een potstal. Tenslotte worden er drie ontwerpconcepten uitgewerkt die theoretisch voldoen aan de geformuleerde doelstellingen voor emissiereductie en welzijnsverbetering. Verdere ontwerproudes en experimenten om de concepten verder te ontwikkelen en draagvlak te creëren zijn noodzakelijk.

Summary UK: This study presents the first steps on an interactive design process in dairy goat farming to develop housing systems that can reduce emissions (of ammonia, methane, and other greenhouse gases) and improve animal health and welfare. For this purpose, an analysis was conducted of the deep litter barn, the current housing systems for dairy goats. Subsequently, a literature study was conducted on the behavioral and physiological needs of dairy goats. This to enable better welfare standards in newly designed barn systems. In addition, the results of a pilot are presented in which the behavior of dairy goats is studied when they are given access to platforms in a deep litter barn. Finally, three design concepts are elaborated that theoretically meet the formulated objectives for emission reduction and welfare improvement. Further design rounds and experiments are required to further develop these concepts.

- 1) Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/702437> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



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

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

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

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

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

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

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	11
1.1 Methodologie – Reflexief Interactief Ontwerpen	13
1.2 Leeswijzer	15
2 Systeemanalyse, de potstal	16
2.1 Aanleiding en doel	16
2.2 Methodologische aanpak	16
2.3 De Nederlandse melkgeitenhouderij en de potstal	17
2.4 De uitstoot van ammoniak	18
2.5 De uitstoot van broeikasgassen	21
2.5.1 Methaan	22
2.5.2 Lachgas	23
2.6 Geuremissie	25
2.7 De emissie van fijnstof	25
2.8 Volksgezondheid	26
2.9 De melkgeit	26
2.10 De burgers	28
2.11 De melkgeitenhouders	30
2.12 Discussie: werken aan alternatieve systemen	32
3 Wat wil de geit? Analyse van gedrags- en fysiologische behoeften van melkgeiten	34
3.1 Inleiding	34
3.1.1 Geitenrassen	34
3.1.2 Gedragsbehoeften en motivatie	36
3.1.3 Prioritering van behoeften	38
3.1.4 Werkwijze	40
3.2 Sociaal gedrag	41
3.2.1 Groepsvorming	41
3.2.2 Verzoening	43
3.2.3 Isolatie	43
3.2.4 (Her)introductie	43
3.2.5 Behoeften en ontwerpeisen	44
3.3 Rustgedrag	45
3.3.1 Ligruijnte en ruimtelijke spreiding	46
3.3.2 Inrichting: voorkeur voor wanden en hoogteverschillen	47
3.3.3 Ondergrondvoorkeur	48
3.3.4 Ruimte voor beweging	49
3.3.5 Behoeften en ontwerpeisen	50
3.4 Zelfverzorgingsgedrag	51
3.4.1 Vachtverzorging	51
3.4.2 Borstels	52
3.4.3 Hoorns	52
3.4.4 Behoeften en ontwerpeisen	52
3.5 Voortplantingsgedrag	53
3.5.1 Seksueel gedrag	53
3.5.2 Partusgedrag	54
3.5.3 Maternaal gedrag: aanvang en ontwikkeling	55

3.5.4	Maternaal gedrag: afbouw en beëindiging	57
3.5.5	Behoeften en ontwerpeisen	58
3.6	Exploratief gedrag	59
3.6.1	Cognitieve stimulatie	60
3.6.2	Klimmen	60
3.6.3	Verkennen en benutten van buitenruimte	61
3.6.4	Behoeften en ontwerpeisen	61
3.7	Thermoregulerend gedrag	63
3.7.1	Adaptatie aan hitte	63
3.7.2	Adaptatie aan koude	63
3.7.3	Onder- en bovengrenzen van thermisch comfort	64
3.7.4	Schaduw zoeken bij hitte	65
3.7.5	Beschutting zoeken bij regen en wind	65
3.7.6	Aanpassing aan ongunstig stalklimaat	66
3.7.7	Behoeften en ontwerpeisen	66
3.8	Voer- en wateropnamegedrag	68
3.8.1	Voerkeuze en foerageergedrag	68
3.8.2	Herkauwgedrag	70
3.8.3	Agonistisch gedrag rond voederplaatsen	70
3.8.4	Wateropnamegedrag	71
3.8.5	Behoeften en ontwerpeisen	72
3.9	Uitscheidingsgedrag	73
3.9.1	Mesten	73
3.9.2	Urineren	74
3.9.3	Behoeften en ontwerpeisen	75
3.10	Zelfbeschermingsgedrag	76
3.10.1	Schuilen en verbergen	76
3.10.2	Waakzaam gedrag	76
3.10.3	Behoeften en ontwerpeisen	77
3.11	Spelgedrag	78
3.11.1	Vertonen van spelgedrag	78
3.11.2	Spelen in relatie tot ruimte en omgeving	79
3.11.3	Behoeften en ontwerpeisen	80
3.12	Gezondheid en ziekte bij geiten	81
3.12.1	Preventie van metabole stoornissen	82
3.12.2	Preventie van bacteriële infecties	82
3.12.3	Preventie van virale infecties	84
3.12.4	Preventie van parasitaire besmettingen	84
3.13	Overige onderwerpen	85
3.13.1	Duarmelken	85
3.13.2	Moederloze opfok	86
3.13.3	Lammeren bij de geit: gezondheidsrisico's en stressreacties	87
3.14	Ingrepen	88
3.14.1	Onthoornen	88
3.14.2	Hoornloos fokken	89
3.15	Programma van Eisen	90
3.15.1	Streefbeeld voor gezondheid en aanbevelingen	91
3.15.2	Streefbeelden voor gedrag en aanbevelingen	92
3.16	Behoeften van de geit als uitgangspunt	98
3.16.1	Een dierwaardig ontwerp begint bij het gedrag van de geit	98
3.16.2	Ontwerpprincipes voor een dierwaardige melkgeitenhouderij	98

4 Pilot – gedragsobservaties met platforms in praktijkomstandigheden 100

4.1	Inleiding	100
4.1.1	Klimmen	101
4.1.2	Ondergrond	101

4.1.3	Onderzoeksvragen van de pilot	102
4.2	Materiaal en methode	102
4.2.1	Dieren en verhoogde platforms	102
4.2.2	Beeldregistratie	103
4.2.3	Behandeling en waarnemingen	104
4.2.4	Bevuiling van platforms met mest en urine	105
4.2.5	Statistische analyses	106
4.2.6	Onvoorziene gebeurtenissen	107
4.3	Resultaten	108
4.3.1	Waarnemingen – 24 uur	108
4.3.2	Waarnemingen – 2 uur	112
4.3.3	Variatie en gewenning	114
4.3.4	Bevuiling van de platforms met mest en urine	116
4.4	Discussie en leerpunten	119
4.4.1	Voorkeur voor een verhoogde ligplaats	119
4.4.2	Voorkeur om te liggen op bepaalde ondergrond	121
4.4.3	Platforms als verrijking	122
4.4.4	Vervuiling van platforms door mest en urine	123
4.5	Conclusie	124
5	Ontwerpen met melkgeiten en andere stakeholders – ontwerpconcepten	125
5.1	Inleiding	125
5.2	De Beekdal-Stal	126
5.3	De Tribunestel	132
5.4	Melkgeitenstal Het Podium	135
6	Conclusie en reflectie	137
	Dankwoord	140
	Literatuur	141
Bijlage 1	Inventarisatie kansrijke ideeën tijdens het ontwerpatelier	162

Samenvatting

Dit rapport doet verslag van de resultaten van het project 'Ontwerpen voor een duurzamere geitenhouderij'. Dit project had als doel de basiskennis te verschaffen die nodig is om integrale ontwerpconcepten te ontwikkelen voor duurzamere huisvestingssystemen voor melkgeiten. De focus lag op principes, maatregelen en ontwerpconcepten voor melkgeitenstallen om emissies (van ammoniak, methaan en andere broeikasgassen) te reduceren en het welzijn en de gezondheid van melkgeiten te verbeteren. De resultaten van het onderzoek Veehouderij en Gezondheid Omwonenden (VGO) kunnen aanleiding geven om bij het ontwerp van huisvestingssystemen andere accenten te leggen, waarbij de volksgezondheid nadrukkelijker wordt meegenomen.

Het ontwerpproces werd gestructureerd volgens de 'reflexief interactief ontwerpen' (RIO) methodologie. RIO is een participatieve actieonderzoeksmethodologie die ons in staat stelt een synthese te maken van de verschillende en soms (schijnbaar) tegenstrijdige behoeften en verwachtingen van belanghebbenden in het veehouderijdomein. Op basis van deze synthese worden op interactieve wijze ontwerpconcepten of nieuwe ontwerpvarianten voorgesteld voor duurzamere vormen van veehouderij. Niet alleen de behoeften en visies van stakeholders worden meegenomen in deze processen en concepten, maar ook de behoeften en eisen van dieren en de omgeving staan centraal in het proces.

RIO structureert ontwerpprocessen doorgaans in drie à vier fases. De eerste fase betreft een 'systeemanalyse' waarin de problemen en behoeften van de veehouderijssystemen worden onderzocht vanuit het perspectief van de belangrijkste stakeholders, inclusief dieren. In de tweede en derde fase ('gestructureerd ontwerpen I & II') worden de systemen of delen daarvan herontworpen door bestaande elementen en functies te reorganiseren en/of door nieuwe te introduceren (bijvoorbeeld technologieën, praktijken, kennis of processen). In deze fase is het essentieel om wetenschappelijke kennis te integreren met andere vormen van kennis. Dit moet leiden tot aantrekkelijke ontwerpconcepten. De vierde fase, 'de verankeringsfase', beoogt innovatie en verandering te implementeren binnen de praktijk van productiesystemen. Het doel is om de innovatie te integreren in het bredere maatschappelijke veld – sector, praktijk, instituties, etc. Binnen dit project zijn een aantal activiteiten uitgevoerd die onderdeel uitmaken van de eerste en tweede fase.

Op basis van een deskstudie is een systeemanalyse uitgevoerd naar het gangbare huisvestingssysteem in de melkgeitenhouderij, de potstal. Hoewel de potstal in de melkgeitensector doorgaans als een vanzelfsprekend stalsysteem wordt gezien, identificeert deze analyse een aantal factoren die aanleiding geven om nieuwe of aangepaste vormen van huisvesting te overwegen. Zo is de potstal niet het beste systeem om de ammoniak-, lachgas- en methaanemissies te reduceren. Theoretisch kunnen deze emissies worden verminderd door bestaande potstalsystemen aan te passen of nieuwe huisvestingssystemen te ontwikkelen. Momenteel vinden verschillende experimenten plaats om dergelijke alternatieven te ontwikkelen. Omdat er nog geen praktijkrijpe systemen beschikbaar zijn, is de sector voor de reductie van ammoniakemissie voorlopig afhankelijk van luchtwassers. Deze zijn al commercieel beschikbaar en erkend als emissie reducerende techniek. Luchtwassers stellen echter wel bepaalde eisen aan de stal, zoals mechanische ventilatie (dichtere stallen), waardoor het moeilijker wordt om melkgeiten zichtbaar te maken voor de maatschappij. Bovendien hebben ze geen effect op de lachgas- en methaanemissies.

De potstal wordt gezien als een huisvestingssysteem met een positief imago. De vraag is echter in hoeverre de gangbare potstal vanuit het perspectief van de burger bepalend is voor een positieve beoordeling van de melkgeitenhouderij. Bovendien kunnen tekortkomingen op het terrein van emissies, dierenwelzijn of volksgezondheid het relatief positieve beeld dat burgers lijken te hebben van de melkgeitenhouderij aantasten. Al deze factoren worden in de systeemanalyse uitgewerkt. Er is echter nauwelijks ervaring met en data van andere huisvestingssystemen voor melkgeiten, waardoor een onderbouwde vergelijking met de potstal moeilijk is en nader onderzoek vereist.

In dit project is tevens een literatuurstudie uitgevoerd naar de gedrags- en fysiologische behoeften van melkgeiten. Hieruit zijn een aantal factoren geïdentificeerd en uitgewerkt die richting kunnen geven aan een dierwaardige melkgeitenhouderij. Op basis van deze studie en vanuit het perspectief van de geit zijn de volgende ontwerpprincipes geformuleerd:

- Ruimtelijke flexibiliteit en functionele zones voor rust, voeding, beweging en interactie. Voldoende ruimte, zichtlijnen en afscheidingsmogelijkheden maken subgroepsvorming, conflictvermijding en gedragskeuze mogelijk.
- Keuzemogelijkheden en controle over de omgeving. Denk aan keuzes in ondergrond, hoogte, ligplek, voerplek en microklimaat. Het aanbieden van verschillende alternatieven binnen elk domein verhoogt welzijn en verlaagt stress.
- Zintuiglijke en cognitieve verrijking door de omgeving dynamisch in te richten met objecten, materialen en stimuli. Daarmee wordt de nieuwsgierigheid van geiten geactiveerd en verveling voorkomen.
- Stabiliteit van sociale groepen door hergroeperingen te beperken, rangordeconflicten te voorkomen en dieren in stabiele, herkenbare sociale verbanden te houden.
- Hygiëne, schoon klimaat (ventilatie) en bioveiligheid (quarantaine en vaccinatie) zijn basisvoorwaarden voor gezondheid en welzijn.
- Huisvesting die aansluit bij natuurlijke gedragsritmes: Lichtregime, voerschema's en dagstructuur ondersteunen het natuurlijke dag-nachtritme van de geit en bieden gelegenheid tot rust, activiteit en sociale interactie op passende momenten.
- Zorg voor geiten in kwetsbare levensfasen: Bij geboorte, speenmoment, dracht en lactatie. Goede biestvoorziening, stressreductie en passende huisvesting zijn hierbij cruciaal.
- Integratie van gezondheidszorg en welzijnsmonitoring: Gezondheid en welzijn zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Preventief gezondheidsbeleid, periodieke evaluaties van welzijnsindicatoren en training van personeel zijn essentieel voor een adequate zorg voor dieren.

In dit project werd ook een pilot onder praktijkomstandigheden uitgevoerd om het gedrag van een groep van vijftien melkgeiten te observeren wanneer ze toegang kregen tot verhoogde platforms in een potstal. Het doel van deze pilot was tweeledig: (1) het verkennen van mogelijkheden om de kwaliteit en diversiteit van rustplaatsen te verbeteren door geiten te laten kiezen, en tegelijkertijd (2) met het oog op emissiereductie, het verkleinen van het oppervlak waar feces en urine worden gedeponeerd. Er werd geëxperimenteerd met verschillende platformbodems (betonplex, stro en stoeptegels) om het rust- en excretiegedrag van melkgeiten te analyseren. Met de aanwezige bewakingscamera's werd het gedrag van de geiten permanent vastgelegd en vervolgens statistisch geanalyseerd om de invloed van platform(bodem)s op het gebruik per 24-uur en gedurende specifieke rustperiodes in kaart te brengen. De platforms in het experiment werden gemiddeld ongeveer 40% van het etmaal gebruikt: om te klimmen, te lopen, te liggen en om eronder te schuilen/te rusten. Dit bevestigde de hypothese dat verhoogde structuren interessante elementen zijn om melkgeitenstallen te verrijken vanuit het perspectief van dierenwelzijn.

Op basis van de kennis en ervaringen die binnen (en buiten) dit project zijn opgedaan werd een ontwerpatelier uitgevoerd. Doel van deze ontwerpatelier was om ideeën uit te werken voor stalconcepten met lagere emissies van ammoniak en methaan uit mest en een hoger niveau van dierenwelzijn. Zo werden principes, maatregelen en oplossingsrichtingen geïdentificeerd en geïntegreerd in drie ontwerpconcepten:

- De Beekdal-Stal heeft een roostervloer van gecoat, 50% doorlatend metaal. Daaronder is een mestband aangebracht voor het scheiden van feces en urine. Deze twee fracties worden in dit concept opgeslagen en verwerkt op het melkgeitenbedrijf. Aan de zijkanten van de stal zijn rustplateaus beschikbaar. Deze zijn zo ontworpen dat geiten er bovenop kunnen liggen met vrij uitzicht en rugdekking, maar er ook onder kunnen schuilen.
- De Tribunestal is georganiseerd rond een verhoogde constructie met trapsgewijs opgestelde rustplaatsen in een piramide-achtige vorm ('de tribune'). De ruimte onder de tribune is ook toegankelijk en biedt de dieren een rustige plek om te schuilen. Op de begane grond wordt stro of een ander substraat gebruikt. De stromest wordt vaker dan nu het geval is uit de stal verwijderd om emissies te reduceren. Deze vaste mest wordt buiten de stal emissiearm opgeslagen.

-
- Bij Melkgeitenstal Het Podium zijn de verhoogde constructies met trapsgewijs opgestelde rustplaatsen tegen de zijmuren van de stal geplaatst, waardoor de stromest gemakkelijker afgevoerd kan worden. Schuivers zorgen dat het substraat (bijv. stro) vermengd met de feces en urine onder de tribune wordt gebracht en emissiearm wordt opgeslagen. Luchtwassers op de opslagruimte zorgen ervoor dat er nauwelijks ammoniak in de buitenlucht vrijkomt. Voor de methaanemissie wordt gebruik gemaakt van methaanoxidatie via een bodemfilter.

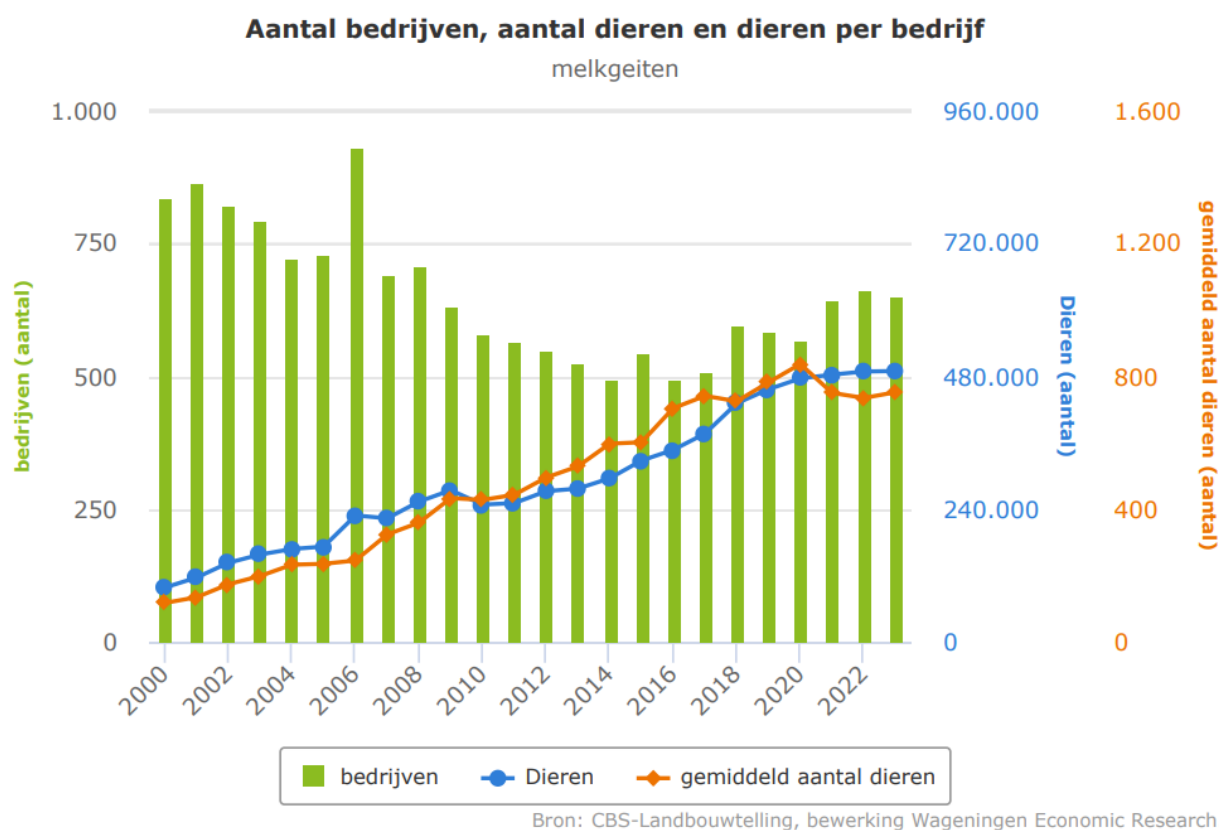
In deze drie ontwerpconcepten wordt de stal in verschillende functiegebieden ingedeeld en worden aspecten als zichtbaarheid van de geiten, natuurlijk licht, uitdagende voedervoorzieningen en weidegang of uitlopen geïntegreerd. Nader onderzoek en praktijkervaring is noodzakelijk om deze concepten tot praktijkrijpe alternatieven door te ontwikkelen. Daarbij is het belangrijk om steeds een balans te vinden tussen de behoeften van de maatschappij, melkgeiten en melkgeitenhouders om duurzaamheidsdoelen af te stemmen op de economische levensvatbaarheid van de melkgeitenhouderij.

1 Inleiding

De melkgeitenhouderij, evenals andere schakels in de landbouw- en voedselketens, is bezig met een verduurzamingslag. De sector staat voor de opgave om tegelijkertijd te voldoen aan strengere eisen en wensen op het gebied van emissiereductie, volksgezondheid en dierenwelzijn. Dit vraagt om integrale oplossingen. In deze context voerde het project 'Ontwerpen voor een duurzamere geitenhouderij' een systeemanalyse uit van de huidige huisvestingsystemen voor melkgeiten en de gangbare praktijken. Ook de behoeften van melkgeiten werden geanalyseerd. Deze en andere kennis vormden de basis voor een interactief ontwerpproces waarin nieuwe stalconcepten werden ontwikkeld. Het project is gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) in het kader van beleidsondersteunend onderzoek.

In dit inleidende hoofdstuk worden de belangrijkste duurzaamheidsuitdagingen voor de sector kort besproken. Deze worden in de volgende hoofdstukken verder uitgewerkt. In dit hoofdstuk wordt ook de methodologische aanpak toegelicht

De melkgeitenhouderij sector is sinds de eeuwwisseling aanzienlijk gegroeid. In het jaar 2000 waren in Nederland 838 bedrijven met een totaal van rond de 98.000 dieren. Volgens Agrimatie waren er in 2023 meer dan 489.000 dieren op 651 bedrijven¹, zie *Figuur 1*. Deze groei werd mede mogelijk gemaakt door het goede economische rendement en de professionalisering van de sector².



Figuur 1 Ontwikkeling van het aantal bedrijven (ongeacht het bedrijfstype, aantal dieren, dieren per bedrijf en specialisatiegraad. Bron: Agrimatie (geraadpleegd mei 2025).

¹ Agrimatie meldt dat 416 bedrijven zijn gespecialiseerd in het produceren van geitenmelk.

² Waarom groeit de geitensector zo snel? - Zembla - BNNVARA (geraadpleegd juni 2025).

De sector is relatief jong en proactief en kan snel reageren op voortdurend veranderende uitdagingen. Tussen 2007 en 2010 heeft Nederland een grote uitbraak van Q-Koorts gehad die veroorzaakt werd door met de bacterie *Coxiella burnetii* besmette melkgeiten. Sinds eind 2009 wordt de mogelijke uitscheiding van deze bacterie op (melkschapen- en) melkgeitenbedrijven met meer dan 50 dieren verplicht gemonitord door middel van tankmelkonderzoek³. Dergelijke bedrijven zijn tevens verplicht om preventieve maatregelen te nemen tegen Q-koorts, waaronder een verplichte vaccinatie⁴. Dankzij de ontwikkeling van een effectief vaccin in 2008 en de vaccinatie- en monitoringsinspanningen van verschillende partijen zijn sinds medio 2016 (melkschapen- en) melkgeitenbedrijven officieel vrij van de Q-koortsbacterie.

De Q-koortsuitbraak heeft de melkgeitenhouderij wel definitief op de beleidsagenda geplaatst. Vanwege de correlatie tussen wonen in de buurt van een melkgeitenhouderij en het voorkomen van longontstekingen hebben 8 van de 12 provincies een geitenstop ingesteld en inmiddels zijn de resultaten van het Veehouderij en Gezondheid Omwonenden (VGO)-III onderzoek gepubliceerd (Van der Giessen et al., 2024 zie ook Ijzermans et al., 2018)⁵.

Net als voor andere veehouderijsectoren zijn er een aantal maatschappelijke en milieuontwikkelingen voor de melkgeitensector die aandacht vereisen. In het kader van biodiversiteitsbescherming is Nederland gehouden aan de (EU) Vogel- en Habitatrichtlijnen. In dat kader stuurt Nederland aan op een reductie van de stikstofemissie naar de lucht (vanuit de landbouw vooral in de vorm van ammoniak) van 21% in 2030 ten opzichte van 2005⁶. In Nederland zijn de daarvoor benodigde wettelijke maatregelen opgenomen in de (Wet natuurbescherming en de) Omgevingswet. Hierin wordt gesteld dat in 2030 op minimaal 50% en in 2035 op minimaal 74% van het areaal van de stikstofgevoelige natuur in beschermde Natura 2000-gebieden de stikstofdepositie onder de kritische depositiewaarde moet liggen⁷. Wat dit betekent voor melkgeitenhouders en andere sectoren/bedrijven staat op het moment van schrijven nog ter discussie.

Ten aanzien van klimaatverandering heeft de overheid tot nu toe alle belangrijke juridisch bindende internationale afspraken ondertekend en geratificeerd (Van der Net et al., 2024) en vertaald naar beleid voor bijvoorbeeld het reduceren van de methaanemissie in de veehouderij. In het Klimaatakkoord (2019, blz. 119⁸) is voor 2030 een reductiedoelstelling van 1,2 - 2,7 Mton CO₂-eq vastgesteld voor de gehele veehouderijsector. Daarnaast was in het regeerakkoord van het kabinet-Rutte IV (2021⁹) opgenomen dat hiervan minimaal 1 Mton CO₂-eq aan methaanuitstoot gereduceerd zou moeten worden. Op het moment van schrijven is nog niet bekend wat de plannen van het kabinet zijn ten aanzien van klimaat en methaan in de veehouderij.

Vanwege de ammoniak- en methaanemissies wordt het huidige huisvestingssysteem voor melkgeiten, de potstal, langzamerhand kritischer bekeken. De sector anticipeert hierop door te experimenteren met zowel alternatieve potstalsystemen als alternatieven voor het potstalsysteem, onder andere in Sbv-projecten (Subsidie module brongerichte verduurzaming stal- en managementmaatregelen)¹⁰.

Deze milieudoelen passen in de trend waarbij burgers, consumenten, maatschappelijke organisaties, bedrijven en overheidsinstanties steeds bewuster worden over hoe voedsel wordt geproduceerd en wat de impact is op het klimaat, de natuur en op het welzijn en de gezondheid van productiedieren (RDA, 2024).

³ https://wetten.overheid.nl/BWBR0035217/2024-07-01/#Hoofdstuk2_Paragraaf7_Artikel2.76ig (geraadpleegd januari 2025).

⁴ https://wetten.overheid.nl/BWBR0035217/2024-07-01/#Hoofdstuk1_Artikel1.46 (geraadpleegd januari 2025).

⁵ Minister Agema van VWS heeft op 4-02-2025 aan de Gezondheidsraad een adviesaanvraag gestuurd: <https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviesaanvragen/2025/02/04/adviesaanvraag-vws-gezondheidsrisicos-omwonenden-veehouderijen-i.h.b.-geitenhouderijen>. Er gaat nu een tijdelijke Gezondheidsraad commissie ingesteld worden en die moet in Q4 van dit jaar een rapport uitbrengen: <https://www.gezondheidsraad.nl/onderwerpen/milieu/alle-adviezen-over-milieu/gezondheidsrisicos-rond-veehouderijen-2025> (geraadpleegd mei 2025).

⁶ EU-doelen uitstoot luchtverontreiniging voor 2020 en 2030 binnen bereik, maar reductietempo neemt af | PBL Planbureau voor de Leefomgeving (geraadpleegd mei 2023).

⁷ Tot begin 2024 werd dit onderwerp georganiseerd in provinciale gebiedsplannen in het kader van het Nationale Programma Landelijk Gebied (NPLG).

⁸ https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2023-restemissieopgave-broeikasgassen-landbouw-landgebruik-4996_0.pdf (geraadpleegd december 2023).

⁹ https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2023-restemissieopgave-broeikasgassen-landbouw-landgebruik-4996_0.pdf (geraadpleegd december 2023).

¹⁰ Subsidie voor innovatie en verduurzaming van stallen | RVO.nl (geraadpleegd mei 2025).

Dierenwelzijn is ook voor de sector een belangrijk duurzaamheidsthema, het welzijn van melkgeiten is beter in beeld gebracht door Verkaik et al. (2024). In Nederland wordt momenteel gewerkt aan een dierwaardige veehouderij. In een dierwaardige veehouderij wordt tegemoetgekomen aan de zes leidende principes zoals door de Raad voor Dierenaangelegenheden is voorgesteld (RDA, 2021): (1) erkenning van intrinsieke waarde van dieren, (2) goede voeding, (3) goede omgeving, (4) goede gezondheid, (5) natuurlijk gedrag resulterend in (6) een overwegend positieve emotionele toestand. De Minister van LNV heeft recent, voor de varkens-, pluimvee- en melkveesector, samen met partijen¹¹ het convenant 'stappen naar een dierwaardige veehouderij' afgesloten en een ontwerp-Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB) dierwaardige veehouderij 2040 voor de varkens-, pluimvee, kalver- en melkveesector opgesteld¹². Deze AMvB is opgesteld conform de opdracht die volgt uit de in 2024 gewijzigde Wet dieren. Uit de gewijzigde Wet dieren volgt dat voor alle productie gehouden dieren regels dienen te worden gesteld voor een dierwaardige veehouderij in 2040. Hoewel deze AMvB in eerste instantie gericht is op de grootste veehouderijsectoren wordt voorzien dat deze zal worden uitgebreid naar onder andere de melkgeitenhouderij.

In deze context werd dit project uitgevoerd om de basiskennis te verschaffen die nodig is om integrale ontwerpen van duurzamere melkgeitenstalsystemen te ontwikkelen. De doelstelling is daarbij om meerdere principes en (deel)concepten te bedenken voor bestaande en nieuwe melkgeitenstallen om emissies (van ammoniak, methaan en andere broeikasgassen) te reduceren en de diergezondheid en het dierenwelzijn te verbeteren. Dit kan vervolgens leiden tot een betere aansluiting bij maatschappelijke wensen en doelen.

Het project werd in 2023-2024 uitgevoerd volgens de Reflexief Interactief Ontwerpen (RIO) aanpak – zie Paragraaf 1.1. Binnen dit project zijn een aantal activiteiten uitgevoerd die onderdeel uitmaken van de eerste en tweede fase van RIO. De uitgangspunten en methoden van deze activiteiten worden toegelicht in de verschillende hoofdstukken waarin ook de resultaten worden gepresenteerd.

1.1 Methodologie – Reflexief Interactief Ontwerpen

Het ontwerpproces werd gestructureerd volgens de 'reflexief interactief ontwerpen' (RIO) aanpak. RIO is een participatieve actieonderzoeksmethodologie die ons in staat stelt een synthese te maken van de verschillende en soms (schijnbaar) tegenstrijdige behoeften en verwachtingen van belanghebbenden in het veehouderijdomein (Groot Koerkamp & Bos, 2008; Bos & Groot Koerkamp, 2009; Elzen & Bos, 2019; Puente-Rodríguez, et al., 2019). Op basis van deze synthese stellen onderzoekers samen met andere stakeholders haalbare ontwerpconcepten of nieuwe ontwerprichtingen voor steeds duurzamere vormen van veehouderij voor. Belangrijke elementen van deze aanpak zijn:

- Interdisciplinair karakter. Expliciet gebruik van de stand van wetenschappelijke kennis (bijvoorbeeld ethologie, biochemie, sociale wetenschappen, economie en ecologie).
- Collectief reflectieproces. Door een systematische en gestructureerde aanpak (zie hieronder) faciliteert deze participatieve methodologie de collectieve definitie van problemen en doelstellingen, evenals visies om veehouderijsystemen te herdefiniëren – zowel op basis van kwantitatieve als kwalitatieve gegevens.
- Het ontwerpproces houdt rekening met de behoeften en waarden van alle betrokken partijen en stakeholders (inclusief dieren en milieu). Het gaat er hierbij niet om dat partijen het eens zijn/worden over wat belangrijk is (dus geen streven naar compromissen), maar om het creëren van (deel)systemen die rekening houden met wat belangrijk is vanuit elk perspectief (dus een uitkomst die verschillende doelen tegelijkertijd dient).
- Het proces wordt gefaciliteerd in een netwerkachtige structuur. Vertrouwen in elkaar is essentieel voor het delen en integreren van kennis om gezamenlijk toekomstige melkgeitenstallen te ontwerpen.

¹¹ Algemene Nederlandse Vereniging van Eierhandelaren en Eiproduktfabrikanten (ANEVEI), Caring Farmers, Centrale Organisatie voor de Vleessector (COV), Centraal Bureau Levensmiddelenhandel (CBL), Centrale Organisatie Broedeieren Kuikens (COBK), Dierenbescherming, Federatie Nederlandse Levensmiddelen Industrie (FNLI), Land- en Tuinbouworganisatie (LTO), LTO – vakgroep Pluimvee, Nederlands Agrarisch Jongeren Kontakt (NAJK), Producenten Organisatie Varkenshouderij (POV) en ZuivelNL.

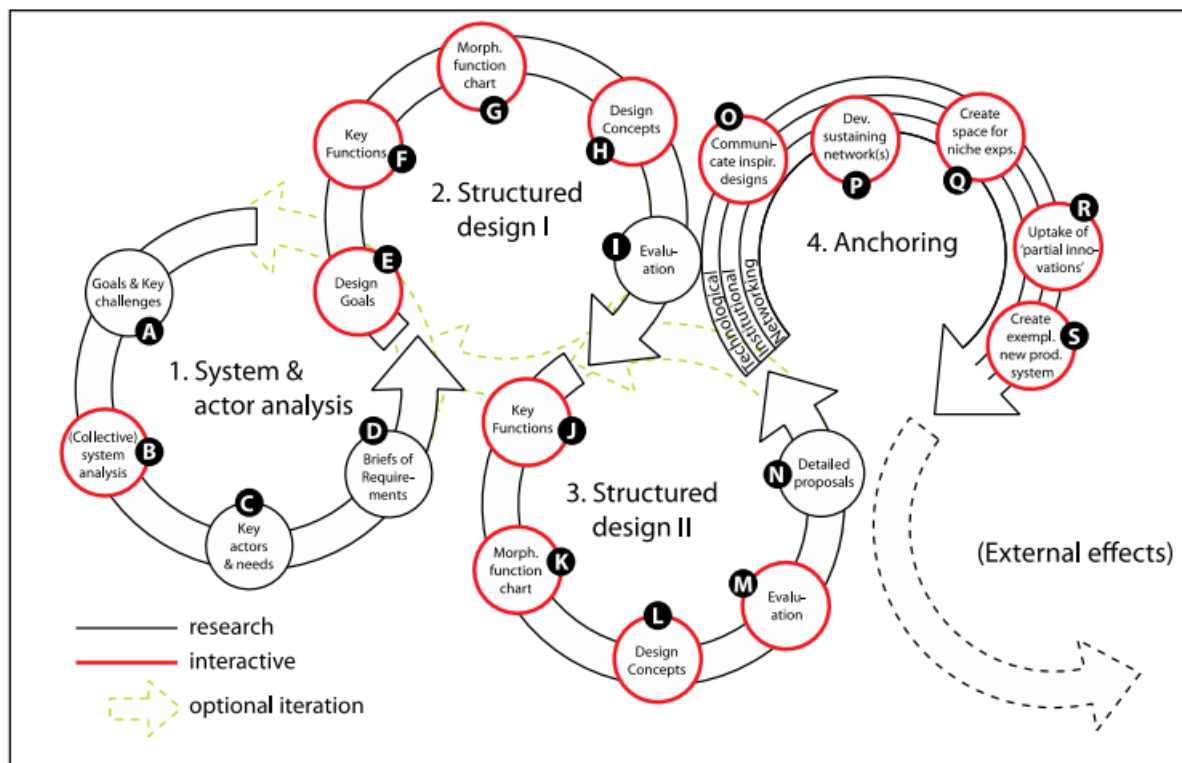
¹² https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2025Z13079&did=2025D29627 (geraadpleegd juli 2025).

- Een sociaal leerproces dat resulteert in tastbare systeemherontwerpen (of ontwerpconcepten van systeemonderdelen).
- Het is geïnspireerd door en bouwt voort op de methodologie van engineering design (Cross, 2008; Siers, 2004) en de benaderingen van science & technology studies die zich richten op innovatie/verandering en sociale/materiële interacties.
- Tekenaars worden vaak gebruikt om ontwerpconcepten te visualiseren. Visualisaties van ontwerpconcepten faciliteren het leerproces en helpen in de communicatie.
- Het besef dat de collectieve reflectie en actie op relevante problemen niet tegenstrijdig zijn en zelfs empathie en plezier met zich kunnen opleveren.

RIO is meestal gestructureerd in drie á vier fases, zie *Figuur 2*. De eerste betreft een systeemanalyse. Op deze manier worden de huidige partijen en praktijken binnen de veehouderijproductiesystemen onderzocht. Ook worden de problemen en behoeften van deze systemen bestudeerd vanuit het oogpunt van de belangrijkste stakeholders – inclusief dieren. We doen dit om ruimte te creëren voor discussie en reflectie over deze problemen en om meer inzicht te krijgen in de verschillende en soms tegenstrijdige oplossingen die door de verschillende stakeholders worden voorgesteld.

In de tweede fase, gestructureerd ontwerpen, worden (deel)systemen opnieuw ontworpen door bestaande elementen en functies te reorganiseren en/of door nieuwe te introduceren (bijvoorbeeld technologieën, praktijken, kennis of processen). In deze fase is het essentieel om geformaliseerde soorten kennis, zoals wetenschappelijke kennis, te integreren met kennis gebaseerd op ervaring die doorgaans als niet-geformaliseerd wordt gedefinieerd, bijvoorbeeld die van melkgeitenhouders. Dit moet leiden tot aantrekkelijke ontwerpen voor de verschillende deelnemers en tegelijkertijd tot duidelijk gedefinieerde duurzaamheidsdoelstellingen. De RIO-methodologie als participatieve methodologie is iteratief. Dit betekent dat het soms nodig is om bepaalde oefeningen/stappen opnieuw te starten of te herhalen om vooruitgang te boeken in het proces. Onder andere is er soms daarom sprake van vier fases in plaats van drie.

De vierde fase, de verankeringsfase, probeert innovatie en verandering te implementeren binnen de praktijk van productiesystemen. Het doel is om de innovatie te integreren in het bredere maatschappelijke veld – sector, praktijk, instituties, etc.



Figuur 2 Schematische weergave van het (volledige) RIO-proces (Elzen & Bos 2019).

1.2 Leeswijzer

RIO is in zijn oorspronkelijke vorm een complex, langdurig proces dat doorgaans niet voldoende ruimte krijgt binnen projecten. In dit beleidsondersteunend project was dat ook het geval. Om desondanks een substantiële bijdrage te leveren aan de doelstelling, zijn in dit project als eerste stap de meest relevante onderdelen van fase 1 en 2 uitgevoerd. Daarmee zijn de belangrijkste kennishiaten opgevuld en geconstateerd waar nog belangrijke kennis ontbreekt. Hoofdstuk 2 behandelt de vragen met betrekking tot het huidige huisvestingssysteem in de melkgeitenhouderij (systeemanalyse), de potstal: waarom worden melkgeiten in potstallen gehouden? Wat zijn de voor- en nadelen van dit systeem? In Hoofdstuk 3 wordt een update gemaakt van de wetenschappelijke literatuur over de gedragsmatige en fysiologische behoeften van melkgeiten. Dit om ervoor te zorgen dat als de huisvestingssystemen van melkgeiten moeten worden aangepast, duidelijk is hoe betere welzijn standaarden kunnen worden bereikt en of we het gedrag van de geiten kunnen inzetten voor andere doeleinden, zoals emissiereductie. Hoofdstuk 4 bespreekt de resultaten van een pilot onder praktijkomstandigheden waarin het gedrag van melkgeiten bestudeerd is wanneer ze in een potstal toegang krijgen tot plateaus bijvoorbeeld om te klimmen en op hoogte te rusten. In Hoofdstuk 5 worden enkele stalconcepten uitgewerkt die op een interactieve wijze zijn ontworpen. In het laatste hoofdstuk (6) worden een aantal conclusies, vervolgvragen en aandachtspunten geformuleerd.

2 Systeemanalyse, de potstal

Bart Bremmer, Ellen van Weeghel, Daniel Puente-Rodríguez

2.1 Aanleiding en doel

De potstal is het traditionele huisvestingssysteem van de melkgeitenhouderij. Het systeem heeft positieve en negatieve aspecten. Om oplossingsrichtingen en ontwerpconcepten in dit project te kunnen definiëren is het van belang om de huidige situatie goed te begrijpen en een systeemanalyse uit te voeren. Waarom is er sprake van een potstal in de melkgeitenhouderij? Wat zijn de voor- en nadelen van de potstal? Welke aspecten zijn niet duurzaam en welke willen we juist behouden in een toekomstige melkgeitenhouderij? Deze verkenning geeft antwoord op die vragen. Daarbij wordt ingegaan op milieuaspecten – voornamelijk op de uitstoot van ammoniak en broeikasgassen – dierenwelzijn, volksgezondheid, de behoeften van de geitenhouder en de perceptie van de burger.

De analyse heeft een kritisch-constructief karakter en is bedoeld om de basiskennis te leveren voor een ontwerptraject. Deze analyse kan helpen om principes, oplossingsrichtingen en praktijken te identificeren die onderdeel kunnen uitmaken van toekomstige houderijsystemen die beter zijn voor dier, mens en milieu.

Hierna wordt kort verteld hoe de verkenning is uitgevoerd. Vervolgens volgt een algehele beschrijving van de potstal in de Nederlandse melkgeitenhouderij. Er wordt daarbij onder meer ingegaan op de geschiedenis, het gebruik en variaties van de potstal.

Daarna worden de volgende thema's besproken:

- De uitstoot van ammoniak
- De uitstoot van methaan
- De uitstoot van lachgas
- De emissie van geur
- De emissie van fijnstof
- Volksgezondheid
- Het gebruik door de melkgeit
- De perceptie van de burger
- De positie van de geitenhouder

De verkenning sluit af met een korte discussie waarin de analyse wordt samengevat en waarin gekeken wordt hoe toekomstbestendig de huidige potstal in de melkgeitenhouderij is, en in welke richting er alternatieven gezocht zouden kunnen worden.

2.2 Methodologische aanpak

De analyse in dit hoofdstuk is primair gebaseerd op literatuuronderzoek. Op basis van een integrale blik op duurzaamheid (geïnspireerd op Bos et al., 2017) is gekeken welke aspecten van duurzaamheid een rol (kunnen) spelen bij de potstal; zowel positief als negatief. Daarbij is allereerst gekeken wat er bekend is over de betreffende thema's in relatie tot de potstal in de Nederlandse melkgeitenhouderij en in het buitenland. Omdat dit op veel van de thema's een summier beeld opleverde is vervolgens ook buiten de melkgeitenhouderij gekeken, dus wat er bij andere diercategorieën bekend is over de potstal. Dit is zo goed als mogelijk vertaald naar de melkgeitenhouderij. Daarbij is steeds geprobeerd vergelijkingen te maken tussen de potstal en andere stalsystemen; zowel in de melkgeitenhouderij, als bij andere dieren.

Er is bijvoorbeeld gekeken naar de biologisch en chemische principes en mechanismen rondom mest en urine om uitspraken te doen over emissies. De focus in dit hoofdstuk ligt op de stal, specifiek op het huisvestingssysteem/de pot.

Het literatuuronderzoek en de daaruit getrokken conclusies zijn gevalideerd en aangevuld door middel van gesprekken met acht experts op het gebied van emissies (n=4), dierenwelzijn (n=3) en volksgezondheid (n=1). Ook is gesproken met diverse melkgeitenhouders en met andere betrokkenen bij de melkgeitenhouderij om informatie aan te vullen, te verifiëren en te nuanceren.

2.3 De Nederlandse melkgeitenhouderij en de potstal

Geiten worden al eeuwen gehouden in Nederland, maar de huidige professionele melkgeitenhouderij is pas in de jaren tachtig ontstaan. De invoering van het melkquotum voor koeienmelk zorgde ervoor dat het voor melkveehouders financieel moeilijker werd om te groeien. De melkgeitenhouderij was een aantrekkelijk alternatief – soms in eerste instantie als tweede tak – omdat geitenmelk niet onder het quotum viel en er markt bleek voor geitenzuivel (Van Horne & Sturkenboom, 1985; Van Horne & Zaalmink, 1987). Met de opkomst van deze melkgeitenbedrijven ontstonden er ook afnemers gespecialiseerd in geitenmelk die de geitenhouders ontzorgden door inkoop van melk en afzet van kaas en wrongel. Dit maakte een verdere groei van de sector mogelijk. Ook veehouders uit andere sectoren stapten soms over naar de melkgeitenhouderij (Doornbos, 1987). De sector bood ontwikkelingsruimte omdat er geen eisen werden gesteld qua melkquota en mest- of dierrechten; en de ontwikkeling van een geitenbedrijf was zowel met als zonder grond mogelijk. Om dezelfde redenen was de melkgeitenhouderij ook aantrekkelijk voor ondernemers van buiten de landbouw die een veehouderijbedrijf wilden beginnen (Doornbos, 1987).

De eerste van deze geitenhouders startten met een potstal. De ligboxenstallen met roostervloeren die in de melkveehouderij gangbaar waren, bleken niet geschikt voor geiten, onder meer omdat de gleuven in de roostervloer te breed waren voor geitenhoeven. De potstal was een veelgebruikt systeem bij kleinschalige geitenbedrijven die vóór de jaren '80 al in Nederland aanwezig waren; dit werd overgenomen door professionele geitenhouders. Ook in het Europese landen kwamen – en komen – potstallen veel voor in de melkgeitenhouderij (Barbosa & Fitas da Cruz, 2009; Battini et al., 2015; Sailer et al., 2021). Potstallen zijn relatief eenvoudig en goedkoop te bouwen (Schuiling, 2000; Van Dooren & Smits, 2007), hoewel ze in gebruik arbeidsintensiever en kostbaarder zijn dan bijvoorbeeld ligboxenstallen. Naarmate het aantal geitenhouders groeide lag het voor nieuwe geitenhouders voor de hand om de stallen van hun collega's te imiteren. Ook in onderzoek en voorlichting in de melkgeitenhouderij werd de potstal snel de standaard (Schuiling & Van Bakkum, 1990; Schuiling, 2000).

Inmiddels zijn er zo'n 489.000 melkgeiten in Nederland waarvan het overgrote deel zich bevindt op 416 gespecialiseerde bedrijven met gemiddeld 1.132 melkgeiten (CBS Statline, 2023). Deze bedrijven hebben op een enkeling na allemaal een potstal.

In Nederland lopen melkgeiten in potstallen in grote groepen – vaak met honderden dieren – in een open ruimte ingestrooid met stro. Op één bedrijf bevinden zich soms één, maar vaak meerdere van deze groepen. Geiten verblijven de gehele dag in de pot; alleen het melken gebeurt in een aparte ruimte. Per melkgeit moet volgens ketenkwaliteitssysteem Kwaliteit minimaal 1,3 m² ruimte beschikbaar zijn. Melkgeiten in de gangbare houderij hebben meestal geen toegang tot een uitloop of weidegang.

De dieren mesten en urineren op het stro (in de pot). Door regelmatig – op de meeste bedrijven een- of tweemaal daags – vers stro toe te voegen blijven de geiten schoon en droog. Volgens het Handboek KWIN (Vermeij et al., 2023) wordt er per geit per dag gemiddeld 0,9 kilogram stro gebruikt. De bodem waarop de geiten lopen wordt door de voortdurende toevoeging van stro en mest in de loop van de tijd steeds hoger en het mestpakket steeds dikker. Uiteindelijk wordt de potstal uitgemest: de stromest wordt uit de stal verwijderd en wordt buiten de stal op een mesthoop opgeslagen. Vanwege Q-koorts zijn geitenhouders verplicht om de mest eerst 30 dagen afgedekt op te slaan met een luchtdoorlatend doek, voordat deze uitgereden of afgevoerd mag worden; direct afvoeren naar een erkend composteerbedrijf is ook toegestaan. In de stal begint na uitmesten het opbouwen van het mestpakket - de pot - weer opnieuw.

Meer in detail zijn er diverse variaties op de potstal mogelijk:

- Verschillende bedrijven hebben verschillende potdieptes en het aantal keren per jaar dat de pot wordt uitgemest varieert. Vaak gebeurt dit 1 tot 4 keer per jaar, maar soms ook vaker (Aarnink et al., 2012; Schuiling, 2000; Mosquera et al., 2022).
- De manier van instrooien verschilt tussen bedrijven. Op veel bedrijven worden stobalen gebruikt en in de stal uitgestrooid of uitgeharkt. Sommige geitenhouders laten dit deels aan de geiten zelf over, waarbij de dieren spelenderwijs zelf zorgen voor verspreiding. Op andere bedrijven zijn automatische instrooisystemen aanwezig, waarbij stro van bovenaf in de stal verspreid wordt.
- Er kan gebruik gemaakt worden van verschillende soorten stro (tarwe of gerst), maar er kan ook (mede) ingestrooid worden met vlas, houtkrullen of zaagsel. In de praktijk wordt er gevarieerd en geëxperimenteerd met verschillende strooisels, maar (tarwe)stro wordt veruit het meest gebruikt. Er zijn verschillen tussen bedrijven in hoe vaak en hoeveel er ingestrooid wordt.
- Geitenbedrijven zonder potstal zijn in Nederland op één hand te tellen. Daarnaast zijn er nog enkele bedrijven die een potstal combineren met bijvoorbeeld een roostervloer (Pijlman et al., 2018). Ook zijn er geitenhouders die experimenteren met nieuwe stalconcepten.

Wat de milieuprestaties van potstallen in de Nederlandse melkgeitenhouderij zijn is niet tot in detail bekend. Er is maar beperkt gemeten in geitenstallen. Tot voor kort ging het om drie studies: Huis in 't Veld et al. (2002), Beurskens et al. (2004) en Aarnink et al. (2012); later ge-update door Aarnink et al. (2014). Recent is daar de studie van Mosquera et al. (2022; zie ook 2025) aan toegevoegd, waarbij twee jaar lang continu ammoniak en methaan zijn gemeten op twee geitenbedrijven. Ook zijn metingen naar lachgas verricht. Deze studies samen geven een indicatie van wat de potstal in de melkgeitenhouderij aan emissies kan voortbrengen, maar het totaal aantal bedrijven waar gemeten is blijft beperkt. Daardoor is het moeilijk om iets te zeggen over de spreiding tussen bedrijven en over de factoren op het bedrijf die van invloed zijn op de hoogte van de emissies.

2.4 De uitstoot van ammoniak

De uitstoot van stikstof, in verbindingen als ammoniak (NH_3) en stikstofoxiden (NO_x), is een probleem omdat er op dit moment een te grote hoeveelheid stikstofverbindingen neerdaalt in Nederlandse natuurgebieden. Hierdoor komt de biodiversiteit onder druk te staan. Omdat Nederland al langere tijd niet voldoet aan de wettelijke eisen – op basis van Europese afspraken – die de biodiversiteit moeten beschermen, komen bouw- en infrastructuurprojecten en doorontwikkeling van veehouderijbedrijven stil te liggen. Om dit vlot te trekken moet stikstofruimte worden gecreëerd, ofwel er moet in totaal minder stikstof worden uitgestoten. Van de stikstof die in Nederland naar de lucht uitgestoten wordt bestaat 67% uit ammoniak. Daarvan is zo'n 90% afkomstig uit de landbouw¹³. In de Stikstofwet (Wet stikstofreductie en natuurverbetering van 2021¹⁴) is vastgelegd dat in 2025 in minimaal 40% van de Natura2000-gebieden de stikstofnorm niet mag worden overschreden. In 2030 en 2035 moet dit gestegen zijn naar respectievelijk 50% en 74%. Gemiddeld komt dit neer op een ammoniakemissiereductie van zo'n 50% in 2035 ten opzichte van 2019 (LNV, 2022). Voor de veehouderij betekent dit dat de ammoniakuitstoot verder verlaagd zal moeten worden; in het bijzonder bij bedrijven die dichtbij Natura2000-gebieden liggen. Wat dit betekent voor welke sectoren en bedrijven staat op het moment van schrijven nog ter discussie. Het onderwerp werd tot 2024 georganiseerd in provinciale gebiedsplannen in het kader van het Nationale Programma Landelijk Gebied (NPLG)¹⁵.

Ammoniak ontstaat in de veehouderij bij zoogdieren vooral wanneer ureum, wat aanwezig is in urine, in contact komt met het enzym urease. Urease wordt geproduceerd door micro-organismen in mest, maar bevindt zich ook op andere oppervlaktes in de stal. De belangrijkste factoren die van invloed zijn op de hoogte van de emissies zijn (Monteny et al., 1998; Snoek, 2016):

¹³ <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/dossier-stikstof/stikstofemissies-naar-lucht> (geraadpleegd december 2024).

¹⁴ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2021-140.html> (geraadpleegd december 2024).

¹⁵ Zie bijvoorbeeld [Consultatie ontwerp van het Nationaal Programma Landelijk Gebied | Nieuwsbericht | Rijksoverheid.nl](#) (geraadpleegd januari 2025).

- De zuurgraad: een hogere pH-waarde zorgt voor hogere emissies. Bij een lagere pH-waarde wordt een minder groot deel van het ammonium omgezet in ammoniak.
- Temperatuur: hogere temperaturen versnellen de processen die leiden tot ammoniakvorming. Ook zorgt een hogere temperatuur ervoor dat ammoniak makkelijker verdampt, wat zorgt voor meer emissie.
- Luchtsnelheid boven de mest: ammoniakproductie is onder meer afhankelijk van de ammoniakconcentratie in de lucht direct boven de mest. Wanneer de luchtsnelheid boven de mest toeneemt wordt ammoniakarmere lucht aangevoerd, wat leidt tot meer ammoniakverdamping van het oppervlak naar de lucht. Meer ventilatie in de stal zorgt hierdoor voor meer ammoniakemissie (Sanchis et al., 2019).
- Emitterend oppervlak: ammoniak verdampt alleen naar de lucht daar waar de emitterende vloeistof (urine) in direct contact is met de lucht. Hoe groter het oppervlak, hoe meer (of sneller) ammoniak kan emitteren. Snoek (2016) toonde aan dat de diepte van de urineplassen ook een belangrijke variabele is voor de ammoniakemissie in melkveestallen.
- De samenstelling van mest en urine: een hoger eiwitgehalte in het voer zorgt voor een hogere ureumconcentratie in de urine waardoor meer ammoniak kan ontstaan.
- Het vloertype en het mestverwijderingssysteem: de hoogte van de ammoniakemissie is sterk afhankelijk van hoe mest en urine op de vloer komen en hoe snel en volledig deze worden verwijderd. Hierbij is onder meer de porositeit van de vloer (denk aan urease hechting en biofilms) van belang.

Bovenstaande factoren zijn uitgebreid beschreven en onderzocht in andere sectoren en meestal voor systemen met betonnen roostervloeren en mestkelders. Er is minder onderzoek uitgevoerd in potstallen. De resultaten van onderzoek bij andere stalsystemen kunnen moeilijk vertaald worden naar potstallen, vooral door de aanwezigheid van stro. Hierdoor is meer koolstof aanwezig in de (stro)mest en wisselen aerobe (zuurstofrijke) en anaerobe (zuurstofloze) omstandigheden elkaar af. Een ander belangrijk verschil is dat mest en urine in een potstal weken tot maanden in de stal blijven en de oppervlakte vormen waar de geiten op leven. Dit maakt dat bovenstaande invloedsfactoren voor potstallen op specifieke wijze uitpakken (Pijlman et al., 2018):

- In de potstal ligt de luchtsnelheid boven de mest dicht bij de algehele luchtsnelheid in de stal; dit in tegenstelling tot de situatie in een mestkelder, waar de luchtsnelheid een stuk lager is (Ye et al., 2009). Snellere verversing van de lucht boven de mest verhoogt de snelheid waarmee ammoniak verdampt. Hoe hoger de pot (vooral wanneer die boven het niveau van de voergang uitkomt), hoe sneller de lucht ververst wordt en hoe hoger de ammoniakemissie (Mosquera et al., 2005).
- Door het stro – wat ook urease kan bevatten – wordt het emitterend oppervlak groter, wat leidt tot een hogere ammoniakemissie (Pijlman et al., 2018). Urine kan echter ook wegzakken in de pot naar diepere lagen, waar ammoniak weliswaar kan ontstaan, maar nauwelijks verdampt door verdichting van het stromestpakket en zich daar ophoopt (Pijlman et al., 2018).
- De hogere koolstof-stikstof-verhouding (C:N-ratio) – die ontstaat door de aanwezigheid van stro – beïnvloedt de activiteit van micro-organismen tijdens de afbraak van organisch materiaal. Hoewel er netto afbraak van biomassa door micro-organismen zal plaatsvinden in een pot (zie ook verderop de bullet met uitleg over compostering) kan een hoge C:N-ratio voor stabiele organische verbindingen zorgen, waarbij stikstof (langdurig of tijdelijk) organisch gebonden wordt. Hierdoor is minder stikstof beschikbaar voor ammoniakvorming (Blanes-Vidal et al., 2008; Gilhespy et al., 2009). Organische binding van stikstof vindt alleen plaats onder aerobe (zuurstofrijke) omstandigheden. Onder in de pot (onder anaerobe omstandigheden) vindt geen organische binding van stikstof plaats en accumuleert stikstof als ammonium (Kirchmann & Witter, 1989).
- Stro heeft de eigenschap om vloeistoffen te absorberen. Wanneer urine geabsorbeerd, kan dit de vorming vervluchtiging van uit ureum gevormde ammoniak vertragen, waardoor er meer tijd is voor stikstof om organisch gebonden te worden (UN, 2015).
- Stro kan door zijn isolerende werking extra warmte creëren in de pot (Jeppsson, 1999). Een hogere temperatuur versnelt ammoniakvorming.
- Naast de omzetting van ureum-N vindt er in potstallen ook compostering plaats (Sommer et al., 2010): de afbraak van organisch materiaal door micro-organismen. De aanwezigheid van stro speelt hierbij een rol, maar ook het feit dat de mest lange tijd ligt opgeslagen (Webb et al., 2012). Bij

compostering kan ammoniak vrijkomen; vooral bij de afbraak van stikstofhoudende verbindingen, zoals eiwitten (Starmans et al., 2002; Sutton et al., 2022). Afhankelijk van de omstandigheden kunnen temperaturen in de stromest ontstaan variërend van 15 tot 80 graden Celsius (Melse et al., 2010). Lagere temperaturen duiden op een suboptimaal of onvolledig composteringsproces, wat kan resulteren in hoge emissies van ammoniak, methaan en lachgas (Amon et al., 2001; Sommer & Møller, 2000).

- Groenestein en Van Faassen (1996) stellen vast dat de composteringsprocessen nitrificatie en denitrificatie – die door de afwisseling van aerobe en anaerobe omstandigheden veel voorkomen in potstallen – ammoniak ook kunnen omzetten naar stikstofgas (N₂), dat voor het milieu onschadelijk is.
- Bij het uitmesten van de potstal ontstaat een grote piek in de ammoniakuitstoot. Ammoniak die wel was ontstaan, maar niet geëmitteerd, komt dan alsnog vrij (Pijlman et al., 2018).

In de laatste ruim 20 jaar zijn in Nederland de resultaten van een viertal metingen naar ammoniakemissies bij melkgeitenbedrijven gepubliceerd – allemaal potstallen met natuurlijke ventilatie. In de meest recente publicaties rapporteren Mosquera et al. (2025) op basis van metingen in de periode 27-11-2018 – 26-09-2023 op vijf verschillende geitenbedrijven een gemiddelde emissie van 4,3 kg NH₃. Deze waarde is significant (P<0,05) hoger dan de huidige emissiefactor (1,9 kg NH₃ per dierplaats per jaar¹⁶). Eerdere studies leveren ook hogere emissiewaardes, zie Huis in 't Veld et al. (2002), Beurskens et al. (2004), Aarnink et al. (2014) en Mosquera et al. (2022) (zie Tabel 1). RVO hanteert bij de Sbv subsidieregeling inmiddels een referentiewaarde voor melkgeiten van 3,4 kg NH₃ per dierplaats per jaar¹⁷.

Tabel 1 Literatuur ammoniakemissie - kg ammonia per dierplaats per jaar.

Studie	Aantal bedrijven	Emissie (kg NH ₃ /dp/j)	Opmerkingen
Mosquera et al., 2025	5	4,3	
Mosquera et al., 2022	2	3,7	
Aarnink et al., 2014	2	2,1	Onderschatting van het ventilatiedebiet
Beurskens et al., 2004	1	2,9	Gemeten onder koude omstandigheden
Huis in 't Veld et al., 2002	1	3,8	

Er zijn geen systematische metingen uitgevoerd aan andere stalsystemen voor geiten dan potstallen en er is daarom geen vergelijking te maken tussen stalsystemen. Ook in de internationale literatuur (zie Cai et al., 2015; Howard et al., 2019) biedt onvoldoende materiaal voor dergelijke vergelijkingen.

Deze vergelijkingen zijn er wel voor andere diercategorieën. Voor koeien en varkens zijn er diverse vergelijkingen gemaakt tussen potstallen en andere stalsystemen. Het beeld wat daaruit naar voren komt is niet eenduidig:

- Mosquera et al. (2005) meten bij een potstal met melkvee een ammoniakemissie die 1,5 keer hoger is dan de emissiefactor voor 'overige stalsystemen' inclusief weidegang.
- Mosquera et al. (2006) meten bij koeien in potstallen een ammoniakuitstoot die twee keer zo hoog is als bij koeien op een roostervloer.
- In een studie van Groenestein en Van Faassen (1996) naar emissies bij vleesvarkens, wordt een lagere ammoniakuitstoot gevonden bij potstallen dan bij roostervloeren met een mestkelder.
- Bij Wang et al. (2011) is de ammoniakemissie van vleesvarkens bij een diepstrooiselsysteem vier keer zo laag als bij een roostervloer.
- Philippe et al. (2007) komen echter uit op een ammoniakemissie bij een potstal voor vleesvarkens die 1,5 keer zo hoog is als bij traditionele huisvesting.
- Groenestein et al. (2006) constateren dat het gebruik van stro bij zeugen bij kan dragen aan de reductie van ammoniakemissie.
- Nicks et al. (2004) komen op basis van ammoniakmetingen bij gespeende biggen in een potstal uit op een emissie die bijna twee keer zo hoog is als in een systeem met roostervloeren.

¹⁶ wetten.nl - Regeling - Omgevingsregeling - BWBR0045528 (geraadpleegd oktober 2024).

¹⁷ Onderzoeken en ontwikkelen innovaties stalsystemen februari - mei 2021 (geraadpleegd oktober 2024).

De uitkomsten van de onderzoeken zijn erg verschillend. Desondanks concluderen verschillende metastudies dat potstallen over het algemeen meer ammoniak uitstoten dan andere stalsystemen (Webb et al., 2012; Pijlman et al., 2018), experts geven aan dat dit ook voor de melkgeitenhouderij het geval zal zijn. Dit beeld wordt versterkt door een meer modelmatige benadering die laat zien dat bij potstalsystemen een stikstofverlies (niet alleen in de vorm van ammoniak, maar ook in de vorm van lachgas, NO_x en N₂) kan ontstaan van 40%, terwijl dat bij drijfmestssystemen vaak maar 10% is (Bikker et al., 2019). Wel wordt er opgemerkt dat de uitstoot juist bij potstallen erg afhankelijk is van het management (UN, 2015). Dat betekent echter ook dat er niet aanvullend gereduceerd kan worden met managementmaatregelen (die worden immers al ingezet om tot een 'normale' ammoniakemissie te komen). Daar komt bij dat er weinig ervaring is in de melkgeitenhouderij met emissiearme systemen zoals in andere sectoren (Van Dooren & Smits, 2007; Aarnink et al., 2021; Aarnink & Vermeij, 2023).

Voor de Omgevingswet worden voor de melkgeitenhouderij enkel luchtwassers erkend als emissiereducerende systemen. Hiermee lijken emissiereducties mogelijk tot 95%¹⁸. Deze worden op dit moment echter nog weinig toegepast in de Nederlandse melkgeitenhouderij. De slechte inpasbaarheid van deze systemen in bestaande stallen speelt hierbij een belangrijke rol.

Ammoniak ontstaat op melkgeitenbedrijven niet alleen in de potstal, maar ook in de mestopslag. Wanneer mest buiten wordt opgeslagen krijgt het ureum dat nog aanwezig is in de mest nogmaals de kans om in contact te komen met urease (Almeida et al., 2022). Tegelijkertijd komt er een composteringsproces op gang in de mesthoop. Wanneer die compostering onder de juiste omstandigheden plaatsvindt, emitteert stikstof vooral in de vorm van N₂ (Groenestein & Van Faassen, 1996). De omstandigheden zijn echter vaak verre van ideaal (bij keuze voor stalsystemen en management is geen of weinig rekening gehouden met emissiereductie) en kunnen ook sterk wisselen. Geitenpotstalmest ligt in Nederland vrijwel altijd buiten, soms afgedekt, maar meestal niet. Temperatuur, zon, wind en neerslag hebben allemaal hun invloed op de biologische en biochemische processen die in de opgeslagen mest plaatsvinden. Onder meer bij een hoge temperatuur en snellere luchtstromen (veel wind) neemt de ammoniakemissie bij compostering toe (Starmans et al., 2002). Afdekken en compacter maken van vaste (rundvee)mest vermindert zowel urease-activiteit als compostering en kan volgens (Chadwick, 2005) een ammoniakreductie opleveren tot wel 90%. Onderzoek (ook bij koeien) van Lemes et al. (2023) bevestigt dit. Regelmatig keren van de mesthoop (Amon et al., 2001) – bedoeld om de compostering op gang te brengen en te houden – leidt tot een ammoniakuitstoot die 3,4 keer hoger is dan bij een mesthoop die ongemoeid gelaten werd.

2.5 De uitstoot van broeikasgassen

De uitstoot van een teveel aan broeikasgassen (methaan, koolstofdioxide van fossiele oorsprong, lachgas) zorgt voor klimaatverandering. Daarom moeten wereldwijd broeikasgassen fors gereduceerd worden. Nederland heeft in internationale verdragen afspraken gemaakt over het reduceren van broeikasgassen. Daarbinnen heeft de landbouw een eigen opgave. De landbouw in Nederland produceert zo'n 24,4 Mton aan CO₂-equivalenten; dat is ongeveer 15,4% van de nationale uitstoot aan broeikasgassen (PBL, TNO, CBS, & RIVM, 2023). In het Klimaatakkoord is afgesproken dat de veehouderij 1 Mton aan CO₂-eq gaat reduceren bovenop de geraamde reductie op basis van autonome ontwikkelingen en reeds voorgenomen beleid¹⁹ (Hekkenberg & Koelemeijer, 2018). In de uitwerking van het Coalitieakkoord van het Kabinet Rutte-IV is de restemissie verder aangescherpt naar 18,9 Mton CO₂-eq. Op basis van de emissieraming voor 2030 in de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2021 is dit een opgave voor de landbouw (exclusief glastuinbouw) van 4,5-5,0 Mton aan CO₂-eq (Van den Born & Van der Zanden, 2023).

De insteek in het Klimaatakkoord is dat alle (sub)sectoren een bijdrage moeten leveren aan klimaatmitigatie. Hoewel er geen beleid is voor afzonderlijke diercategorieën, staat de melkgeitenhouderij expliciet genoemd in het Klimaatakkoord²⁰ als één van de sectoren die een bijdrage levert aan de klimaatopgave.

¹⁸ www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/emissiearme-stalsystemen/emissiefactoren-per/map-staltypen/hoofdcategorie-1/ (geraadpleegd december 2024).

¹⁹ Daarnaast is er een reductieopgave voor de glastuinbouw van 1 Mton CO₂-eq en 1,5 Mton CO₂-eq voor landgebruik, waarmee de totale reductieopgave voor de landbouw waarover doorgaans gesproken wordt 3,5 Mton is.

²⁰ www.klimaatakkoord.nl/klimaatakkoord (geraadpleegd december 2024).

In de veehouderij komt de klimaatimpact vooral voort uit de uitstoot van methaan (CH₄) en lachgas (N₂O). CO₂ is ook een belangrijk broeikasgas, maar speelt bij voedselproductie op bedrijfsniveau maar een kleine rol. De CO₂ die op het bedrijf wordt uitgestoten maakt onderdeel uit van de korte kringloop²¹ en draagt niet bij aan het versterkte broeikaseffect. Alleen de CO₂-uitstoot die gepaard gaat met energie- en brandstofverbruik telt mee bij het bepalen van de impact op het klimaat.

2.5.1 Methaan

Zo'n 30% van de methaanemissie wereldwijd die door mensen wordt veroorzaakt is afkomstig van de landbouw (Jackson et al., 2020). Methaan (CH₄) is een sterk broeikasgas, meer dan 100 keer sterker dan CO₂. Echter, methaan blijft relatief kort in de atmosfeer: na 8,6 jaar is de helft van de uitgestoten CH₄ omgezet in kooldioxide (CO₂), koolmonoxide (CO), waterdamp (H₂O) en ozon (O₃); na 60 jaar is vrijwel alle methaan verdwenen (Vellinga & Groenestein, 2022). Daarom wordt vaak gerekend met een Global Warming Potential 100 (de klimaatimpact die methaan heeft over een periode van 100 jaar) van 28 CO₂-equivalenten. Door de korte levensduur van methaan betekent een vermindering van de uitstoot een afname van de concentratie in de atmosfeer. Daarom wordt methaanemissiereductie gezien als kans om de opwarming van de aarde op de korte termijn af te zwakken²². Vanuit de landbouw (veehouderij, akkerbouw en glastuinbouw samen) is methaan het belangrijkste broeikasgas. Van de totale Nederlandse broeikasgasemissie uit de landbouw bestaat zo'n 53% uit methaan (PBL, TNO, CBS, & RIVM, 2022).

Methaan in de veehouderij ontstaat bij de afbraak van organisch materiaal door micro-organismen (methanogenen). Methaan is een bijproduct van deze fermentatie. Bij herkauwers als koeien, schapen en geiten ontstaat methaan in het maag-darmkanaal door de spijsvertering – vooral in de pens. Dit wordt enterisch methaan genoemd. Daarnaast is er methaan uit mest: onder anaerobe (zuurstofarme) omstandigheden breken micro-organismen onverteerd organisch materiaal af en produceren daarbij methaan.

In de National Inventory Report (Van der Net et al., 2023) dat rapporteert over de ontwikkeling van de uitstoot van broeikasgassen in Nederland wordt voor geiten uitgegaan van 5 kg enterisch methaan en 0,13 kg methaan uit mest per dierplaats per jaar. Dit zijn standaardwaarden van het IPPC (2006) dat zich baseert op een studie in India met geiten die totaal andere eigenschappen hebben en andere rantsoenen gevoerd krijgen dan Nederlandse melkgeiten (Pandey, 1980; Crutzen, et al., 1986), en op schattingen die zijn afgeleid van schapen en koeien (Safley et al., 1992)²³.

Recente metingen in de Nederlandse melkgeitenhouderij komen uit op een stalemissie van 23,9 kg CH₄ per dierplaats per jaar (Mosquera et al., 2025, zie ook Mosquera et al., 2022). Dit is fors hoger dan de inschatting van het IPCC. Dit is deels te verklaren door grotere en zwaardere dieren met een hogere voedselinname en melkproductie (Broucek, 2014), waardoor meer enterisch methaan wordt uitgestoten en er meer mest is per dier. Daarnaast is het mogelijk dat potstallen meer methaan uitstoten dan andere stalsystemen (Robertson et al., 2015).

De methanogene micro-organismen zijn actief onder anaerobe (zuurstofloze) omstandigheden die veel voorkomen in het onderste deel van de pot waar urine zich ophoopt en er sprake is van inklinking van de mest. Door de aanwezigheid van stro is er fors meer makkelijk afbreekbaar organisch materiaal aanwezig wat de emissie van methaan bevordert (Møller et al., 2004).

²¹ *Korte kringloop*: de door het dier uitgestoten CO₂ wordt geacht zeer kortgeleden ook te zijn opgenomen uit de lucht door de plant die door het dier is opgegeten. Netto is er hierdoor geen verhoging van de wereldwijde CO₂-concentratie in de lucht. Daarentegen is CO₂ die ontstaat bij de verbranding van fossiele brandstoffen meestal miljoenen jaren geleden vastgelegd door planten, waarmee de wereldwijde CO₂-concentratie in de lucht wél verhoogd wordt. Methaan (CH₄) telt mee als broeikasgas, omdat het Global Warming Potential (GWP) van methaan 28 keer sterker is dan CO₂. De koolstof in methaan uit dieren en dierverblijven is weliswaar ook kortgeleden vastgelegd, maar in deze verbinding heeft deze koolstof dus wél een netto-effect op de versterking van klimaatverandering (in tegenstelling tot de korte kringloop CO₂).

²² <https://globalmethane.org/methane/index.aspx> (geraadpleegd december 2024).

²³ Er wordt hier gebruik gemaakt van een Tier 1 benadering. De Tier 1, 2 en 3 benaderingen van het IPCC zijn methoden voor het berekenen van broeikasgasemissies, waarbij de complexiteit en nauwkeurigheid toenemen van Tier 1 naar Tier 3. Tier 1 gebruikt standaard emissiefactoren en algemene gegevens. Tier 2 maakt gebruik van land- en sectorspecifieke gegevens en verfijndere emissiefactoren wat meer nauwkeurigheid biedt. Tier 3 is het meest gedetailleerd en gebruikt uitgebreide modellen, met specifieke, vaak direct gemeten gegevens.

Het feit dat de mest in een potstal weken- of maandenlang (onbehandeld) op dezelfde plek blijft, maakt daarnaast dat de populatie methanogene micro-organismen zich kan aanpassen aan de omstandigheden en groeit, waardoor de methaanproductie in de loop van de tijd toeneemt (Dalby et al., 2021). Daarnaast zijn er andere factoren die de methaanemissie beïnvloeden, zoals pH-waarde (Puente-Rodríguez et al., 2022) en de temperatuur (Puente-Rodríguez et al., 2023; 2024).

Net als voor ammoniak is er voor methaan bij melkgeiten geen vergelijkend onderzoek uitgevoerd tussen emissies bij potstallen en bij andere stalsystemen. Ook buiten Nederland zijn deze vergelijkingen niet gevonden. Bij koeien en varkens is dit onderzoek er wel. Webb et al. (2012) constateren op basis van een literatuurstudie en analyse van datasets van verschillende Europese studies dat de methaanemissie uit diepstrooiselstallen bij melkvee aanzienlijk hoger is dan van andere stalsystemen. In de studies hebben potstallen een methaanuitstoot die tot zes keer hoger is dan bij grupstallen. Ook bij vergelijkingen tussen potstallen en systemen met roostervloeren en mestkelders is de methaanemissie bij potstallen hoger (Mosquera et al., 2006; Mosquera et al., 2012). En bij zoogkoeien in potstallen wordt een hoge methaanemissie per dierplaats gemeten: 2 tot 3 keer hoger dan bij melkvee in ligboxenstallen met een traditionele roostervloer voorzien van een mestkelder (Groenestein & Huis in 't Veld, 1994, geciteerd in Pijlman et al., 2018).

Daarentegen werden geen significante verschillen gevonden bij zeugen door Webb et al. (2012) tussen diepstrooiselstallen en systemen met roostervloeren en mestkelders (zie ook, Groenestein, 2006). De verklaring die wordt gegeven is dat methaan in diepstrooiselsystemen bij zeugen weliswaar in grote hoeveelheden ontstaat, maar dat een groot deel daarvan in de bovenste laag van het strobed door methanotrofe micro-organismen weer wordt geoxideerd naar CO₂ (Sommer & Møller, 2000). Het wroetgedrag van de varkens zorgt ervoor dat de bovenste laag van de pot belucht wordt, wat gunstig is voor de methanotrofe micro-organismen. Koeien vertonen dit gedrag niet en hun gewicht zorgt juist voor verdichting van het stromestpakket met anaerobe omstandigheden tot gevolg, waardoor deze methaanmitigatie in potstallen bij koeien niet voorkomt (Groenestein, 2006). Hoe dit uitpakt in geitenpotstallen is zonder verder onderzoek niet te zeggen.

In het onderzoek van Mosquera et al. (2022; 2025) is geen onderscheid gemaakt tussen enterisch methaan en methaan uit mest. De hoeveelheid methaan in de lucht die de stal als geheel *uitgaat* is vergeleken met de hoeveelheid methaan in de lucht die de stal *ingaat*. Bij Nederlandse melkkoeien wordt er meestal vanuit gegaan dat bijna 80% van de methaan enterisch is (Van der Net et al., 2023). Bij melkgeiten is de verdeling niet bekend. Bij gebrek aan gegevens gaat RVO ervan uit dat een kwart van de methaanemissie bij geiten uit mest komt²⁴, afgeleid van de verdeling bij melkvee. Mogelijk is het aandeel enterisch methaan in de melkgeitenhouderij lager, omdat de pot in theorie relatief veel methaan produceert (Robertson et al., 2015; Zucali et al., 2020). Totdat hier nader onderzoek naar gedaan is blijft dit echter speculeren.

Samenvattend kan gesteld worden dat er aanwijzingen zijn dat de methaanemissie uit potstallen vrij hoog is. Voorzichtigheid is hierbij echter geboden, want er is weinig emissiedata beschikbaar en er is een diversiteit aan bedrijfsfactoren die van invloed is op de uiteindelijke methaanemissie (Groenestein et al., 2016).

Ook voor methaan geldt dat de emissie niet stopt met het verwijderen van de mest uit de stal: ook uit de mestopslag komt methaan. Afhankelijk van de manier waarop de mest is opgeslagen kan de methaanemissie in de opslag groter zijn dan die in de pot. De grootte van de mesthoop, dichte zijwanden en (semi-) luchtdichte afdekking dragen allemaal bij aan anaerobe omstandigheden waarin methanogene micro-organismen actief zijn (Amon et al., 2006). Ook de toevoer van regenwater kan zorgen voor meer anaerobe omstandigheden en meer methaanemissie (Loyon, 2018). Daarnaast is de opslagduur van grote invloed: hoe langer de mest wordt opgeslagen, hoe groter de populatie methanogene micro-organismen wordt en hoe meer methaan er emitteert (Dalby et al., 2021).

2.5.2 Lachgas

Lachgas (N₂O) is nog sterker broeikasgas dan methaan, 273 keer sterker dan CO₂. N₂O blijft gemiddeld 114 jaar in de atmosfeer voordat het afgebroken wordt,

²⁴ <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/sbv/innovatie-stalsystemen/2e-openstelling> (geraadpleegd november 2024).

voornamelijk in de stratosfeer waar het ook de ozonlaag aantast. Lachgas komt in de veehouderij vooral vrij bij de aanwending van mest en kunstmest. Ook uit mest die in de stal aanwezig is komt lachgas, maar dit is doorgaans in hele kleine hoeveelheden. Door de kenmerken van de potstal wordt daar echter een veel hogere lachgasemissie verwacht dan uit andere stalsystemen.

Lachgas ontstaat namelijk bij nitrificatie (het ontstaan van nitraat) en bij denitrificatie (het afbreken van nitraat). Nitrificatie is de microbiologische omzetting van ammonium (NH_4^+) naar nitraat (NO_3^-). Voor dit proces is zuurstof nodig (aerobe omstandigheden); onder zuurstofarme omstandigheden wordt nitrificatie geremd en wordt lachgas gevormd. Denitrificatie is de microbiologische omzetting van nitraat naar moleculaire stikstof (N_2), stikstofoxiden (NO_x) en lachgas (N_2O). Dit treedt op onder zuurstofloze (anaerobe) omstandigheden. Wanneer de omstandigheden niet volledig zuurstofloos zijn ontstaat er relatief veel lachgas (Slier & Velthof, 2021).

In de pot van een geitenstal is een groot gebied waar aerobe en anaerobe omstandigheden elkaar afwisselen en waar de omstandigheden ideaal zijn voor het ontstaan van lachgas. De emissie van lachgas uit stromest in de melkvee- en varkenshouderij is grofweg een factor 5 tot 10 hoger dan voor drijfmest (Mosquera et al., 2012; Vonk et al., 2023). Dit wordt bevestigd door diverse onderzoeken in de melkveehouderij (Webb et al., 2012; Hou et al., 2015) en de varkenshouderij (Groenestein & Van Faassen, 1996; Philippe et al., 2007; Rzeźnik & Mielcarek, 2014).

Net als voor ammoniak en methaan is er voor lachgas geen goed vergelijkend onderzoek voor de melkgeitenhouderij; gegevens om stalsystemen in de melkgeitenhouderij met elkaar te vergelijken ontbreken. Metingen die recent zijn uitgevoerd in de Nederlandse melkgeitenhouderij zijn niet in overeenstemming met de bevindingen in andere sectoren. Mosquera et al. (2025) meten slechts 45 gram lachgas per dierplaats per jaar. Deze waarde is significant ($P < 0,05$) lager dan de huidige emissiefactor (148 g N_2O /dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).

Bij koeien op een roostervloer 600 gram lachgas per dierplaats per jaar is (Schep et al., 2022). Omgerekend per kilo melk of naar Grootvee-eenheden (GVE) komen geiten en koeien daarmee uit op een vergelijkbaar niveau, ondanks de verwachting dat geiten veel hoger zouden uitkomen (gezien de hoge lachgasuitstoot uit stromest bij koeien en varkens).

Uitgaande van deze 61 gram N_2O en een Global Warming Potential gemeten over 100 jaar voor lachgas van 273 stoot de melkgeitenhouderij 17 kg CO_2 -equivalenten aan lachgas uit per dierplaats per jaar. In vergelijking met 756 kg CO_2 -equivalenten aan methaan (bij een GWP100 van 28) is dat gering. Echter rapporteren Aarnink et al. (2014) een gemiddelde lachgasemissie van 126 gram per dierplaats per jaar. Dat is hoger dan de uitstoot die Mosquera et al. (2022; 2025) hebben gevonden.

Hoewel de recente metingen in de melkgeitenhouderij een lage lachgasuitstoot laten zien, wijzen onderzoeken in de varkenshouderij en melkveehouderij er wel degelijk op dat een potstal problematisch kan zijn als het om de uitstoot van lachgas gaat (Groenestein & Van Faassen, 1996). Er lijken echter ook mogelijkheden om binnen de context van de potstal met managementmaatregelen de lachgasemissie te verlagen. Met de keuze voor het type strooisel is de lachgasemissie te beïnvloeden: onderzoeken laten zien dat stro voor significant minder lachgasuitstoot zorgt dan houtsnippers (Nicks et al., 2004; Cabaraux et al., 2009). Echter, om de methaanemissie te verlagen zou er juist voor houtsnippers gekozen moeten worden (Nicks et al., 2004; Cabaraux et al., 2009). Ook het verhogen van de hoeveelheid stro kan helpen om de lachgasemissie te reduceren (Sommer & Møller, 2000; Almeida et al., 2022;). De moeilijkheid is dat lachgas moeilijk te meten is en dat de emissies sterk kunnen variëren – tussen bedrijven, maar ook binnen een bedrijf – doordat deze afhankelijk zijn van de wisselwerking van een groot aantal variabelen. Juist bij stromest zijn deze moeilijk te begrijpen en moeilijk te beheersen (Pijlman et al., 2018).

Na verwijdering van mest uit de stal ontstaan er in mesthopen grote hoeveelheden N_2 – wat onschadelijk is voor het milieu – en N_2O (Ellen et al., 2007). Mesthopen met stromest produceren veel meer lachgas dan opslagen met drijfmest (Webb et al., 2012). Hoeveel N er precies geëmitteerd wordt in welke vorm is afhankelijk van diverse factoren en zowel moeilijk te beredeneren als moeilijk te meten. Dat geldt in het bijzonder bij mest die buiten opgeslagen is; iets wat in de melkgeitenhouderij veel gebeurt.

Ba et al. (2020) constateren op basis van verschillende studies dat bij compostering van vaste mest 0,1 tot 5% van de totaal aanwezige N emitteert in de vorm van lachgas; bij intensieve compostering (bijvoorbeeld in trommels) is dit lager dan bij passieve of extensieve compostering (Hoeksma et al., 2012; Ba et al., 2020). De hoeveelheid lachgas die emitteert is erg afhankelijk van de manier waarop gecomposteerd wordt en de precieze omstandigheden, waaronder de vochtigheid en de temperatuur. Volgens Almeida et al. (2022) zorgt regenwater dat door de mesthoop wordt opgenomen voor meer wisseling tussen aerobe en anaerobe omstandigheden, wat de uitstoot van lachgas stimuleert (zie ook, Loyon, 2018).

Ook bij gecontroleerde compostering – wat de emissie van NH_3 en CH_4 beperkt – is het moeilijk om de lachgasuitstoot te beheersen: sommige studies laten zelfs een toename van de lachgasuitstoot zien bij actieve compostering (Sebek et al., 2016). En ook afdekken van vaste mest heeft geen eenduidig effect op de uitstoot van lachgas (Yamulki, 2006).

2.6 Geuremissie

Geur en geurbeleving kunnen een grote impact hebben op het welbevinden en de kwaliteit van leven van omwonenden van veehouderijbedrijven (Schiffman, 1998; Wing & Wolf, 2000). Geur wordt gemeten in Europese Odour Units (ou_E) waarmee het aantal geureenheden per volume-eenheid lucht wordt aangegeven. Vaak wordt dit vastgesteld door middel van een menselijk geurpanel.

Huis et al. (2002) stellen geuremissies van melkgeitenstallen vast van 18,2 ou_E (zomer) en 18,3 ou_E (winter) per dierplaats per jaar. Dit komt in de buurt van de resultaten van (Beurskens et al., 2004) die uitkomen op 19,5 ou_E per dierplaats per jaar. Mosquera et al. (2025) rapporteren een geuremissie van 16,1 $\text{ou}_\text{E}/\text{s}/\text{dierplaats}$. Deze waarde is niet-significant ($P > 0,10$) lager dan de huidige emissiefactor (18,8 $\text{ou}_\text{E}/\text{s}/\text{dier}$; www.infomil.nl). Bij systemen met een luchtwasser is de emissiefactor 10,8 ou_E en 13,4 ou_E per dierplaats per jaar. (Aarnink et al., 2014) komen uit op een veel lagere geurconcentratie, namelijk 5,0 ou_E per dierplaats per jaar.

De geuruitstoot van 18 of 19 ou_E lijkt vrij hoog. Ter vergelijking: bij vleesvarkens – waar regelmatig overlast van is – is de geurfactor in de Rav-lijst 23 ou_E en bij emissiearme systemen 12,7 ou_E per dierplaats per jaar. Echter, zowel in de wetenschappelijke literatuur als in de media is eigenlijk niets te vinden over geuroverlast door de melkgeitenhouderij in Nederland. Dat wil niet zeggen dat geitenbedrijven op lokale schaal nooit voor geurhinder zouden kunnen zorgen, maar het lijkt erop dat geur over het algemeen geen issue is voor de melkgeitenhouderij, net zomin als voor de melkveehouderij (Geelen et al., 2015; Stouthart, 2018).

2.7 De emissie van fijnstof

Over fijnstof uit de melkgeitenhouderij is weinig informatie beschikbaar. De emissiefactor in de Bijlage V Omgevingsregeling (voorheen Regeling ammoniak en veehouderij – Rav) is laag in vergelijking met veel andere veehouderijsectoren: 19 gram PM_{10} per dierplaats per jaar. Bij melkvee is dit 148 gram PM_{10} per dierplaats per jaar en bij varkens 153 gram PM_{10} per dierplaats per jaar bij systemen waar niet ingezet is op reductie van de fijnstofemissie. Wel kan door de aanwezigheid van stro en stromest in de pot een hogere grof stofemissie verwacht worden dan bij andere staltypen (Pijlman et al., 2018). Metingen van Aarnink et al. (2014) komen een stuk hoger uit, namelijk op 47 gram PM_{10} per dierplaats per jaar. Ook constateren Aarnink et al. (2014) pieken in de emissie van fijnstof bij het instrooien van de stal en bij verhoogde activiteit van de dieren. In een recent onderzoek rapporteren Mosquera et al. (2025) de volgende PM_{10} -emissie: 170 g/dierplaats/jaar. Deze waarde is significant ($P < 0,05$) hoger dan de huidige emissiefactor (www.infomil.nl).

2.8 Volksgezondheid

In Nederland was van 2007 tot 2010 een uitbraak van Q-koorts met meer dan 4000 gemelde menselijke gevallen (Dijkstra et al., 2012) en 116 doden die zeker of waarschijnlijk aan Q-koorts zijn overleden²⁵. Q-koorts wordt veroorzaakt door de *Coxiella burnetii* bacterie en kan van dieren op mensen worden overgedragen door inademing van met de bacterie besmette aerosolen. Nabijheid van een geitenbedrijf was in deze epidemie een belangrijke risicofactor voor het oplopen van Q-koorts; dit gold in het bijzonder voor geitenbedrijven waar abortusstromen (een verhoogd aantal abortussen in een korte periode binnen een bedrijf) door Q-koorts hadden plaatsgevonden (Dijkstra et al., 2012). Ook andere dieren als schapen, runderen, honden en katten kunnen besmet raken en de bacterie overdragen op mensen, maar bij de genoemde uitbraak worden geitenbedrijven als de belangrijkste bron beschouwd (Van den Brom & Vellema, 2009). Naar aanleiding van de uitbraak zijn er maatregelen genomen, waarvan verschillende nog steeds van kracht zijn, zoals een verplichte vaccinatie van melkgeiten en -schapen, en monitoring van de melk op aanwezigheid van de Q-koortsbacterie. Door deze maatregelen lijkt Q-koorts nu goed onder controle (Dijkstra et al., 2012; Nijdam et al., 2020).

Wel is er in de afgelopen jaren veel te doen om het feit dat longontstekingen vaker voorkomen bij omwonenden van melkgeitenhouderijen. Het Nivel rapporteert dat wonen binnen een straal van twee kilometer van een geitenbedrijf de kans op longontstekingen met 25% vergroot (IJzermans et al., 2018). De oorzaak hiervan was lange tijd onbekend (Smit et al., 2019) en is nader onderzocht. Eerder werd gesuggereerd dat endotoxinen of fijnstof hier een bijdrage aan zouden kunnen leveren (De Rooij et al., 2019), maar dit lijkt niet waarschijnlijk. Dan zou er namelijk een correlatie gevonden moeten worden tussen de aanwezigheid van veehouderij in het algemeen en een hogere kans op longontstekingen. Nu is die correlatie enkel gevonden specifiek bij *geiten*houderij (Van der Giessen et al., 2024). Het VGO-III (Veehouderij en Gezondheid Omwonenden) onderzoek (Van der Giessen et al., 2024) zou oorzakelijke relaties moeten aantonen dan wel uitsluiten, maar doet dit slechts in beperkte mate. Het onderzoek levert een lijst op met bacteriën waarvan bekend is dat ze longontstekingen kunnen veroorzaken bij mensen, die vóórkomen op geitenbedrijven (tenminste op 25% van de onderzochte bedrijven) en die zich via de lucht kunnen verspreiden naar omwonenden. Deze bacteriën worden aangemerkt als 'kandidaat-ziekteverwekkers'. Het onderzoek blijft echter steken bij het aantonen van een correlatie tussen deze kandidaat-ziekteverwekkers en de verhoogde kans op longontstekingen voor omwonenden. Verschillende van de gevonden verdachte bacteriën komen relatief veel voor in strooisel en stalmest op geitenbedrijven. In het 'Advies gezondheidsrisico's rond veehouderijen 2025: deel I' concludeert de Gezondheidsraad (2025) dat *'het verband tussen wonen in de nabijheid van geitenhouderijen en longontstekingen waarschijnlijk oorzakelijk is.'* Verder stelt de Gezondheidsraad dat het aannemelijk is dat een combinatie van factoren (multicausaliteit) verantwoordelijk is voor de associatie tussen wonen in de nabijheid van geitenhouderijen en longontstekingen, zoals het stalsysteem en het stalmanagement, wat kan leiden *'tot (piek)blootstellingen in de omgeving aan onder meer fijnstof en algemeen voorkomende ziekteverwekkers'*. Van der Giessen et al. (2024) bevelen aan te onderzoeken of een andere omgang met stalmest en strooisel kan zorgen voor een lagere concentratie van ziekteverwekkers in de stal- en omgevingslucht. Het tweede deel van het advies van de Gezondheidsraad (verwacht eind 2025) zal dieper ingaan op de oorzaken en handelingsopties.

2.9 De melkgeit

Met betrekking tot dierenwelzijn doet de potstal het goed als het om beeldvorming gaat. De potstal oogt comfortabel, ziet eruit als een prettige leefomgeving voor de geit. Het appelleert aan het traditionele, romantische beeld dat veel burgers hebben van de veehouderij (zie Paragraaf 2.10). Geiten zijn van nature echter bergdieren en geëvolueerd in een omgeving met onder andere ruwe en rotsachtige bodems en steile hellingen (O'Brien, 1983; Zeder & Hesse, 2000)²⁶. Dit roept de vraag op in hoeverre de potstal aansluit bij het natuurlijk gedrag van geiten en de behoeften van de geit.

²⁵ <https://www.rivm.nl/q-koorts> (geraadpleegd februari 2025).

²⁶ Zie ook: <https://breeds.okstate.edu/goats/?Forwarded=afs.okstate.edu/breeds/goats/>.

In hoofdstuk 3 wordt uitgebreid ingegaan op de behoeften van melkgeiten; in deze paragraaf is specifiek gekeken naar de wat de potstal bijdraagt of juist afdoet aan het welzijn van de geit.

In de wetenschappelijke literatuur zijn verschillende onderzoeken beschreven waarin de voorkeuren van geiten voor ondergronden is bekeken, met name om te liggen en rusten (zie voor een uitgebreidere bespreking Paragraaf 3.3). In verschillende experimenten kregen geiten de keuze uit een scala aan ondergronden: stro, zaagsel, rubberen matten, kunststof, beton, zand, hout en metalen roosters. De uitkomsten van de onderzoeken zijn niet eenduidig. Opvallend is dat geiten bij Bøe et al. (2007) stro minder waarderen dan andere ondergronden: metalen roosters, hout en rubbermatten. Dit lijkt in lijn te zijn met onderzoeken van Sutherland et al. (2016) en Sutherland et al. (2017) waarin Saanen geiten (in beide studies opfokgeiten van respectievelijk 6 en 9 maanden oud) een voorkeur hadden om te liggen op harde ondergronden: rubbermatten, plastic roosters en metalen roosters, boven houtkrullen of zaagsel. Tölü and Savaş (2019) constateerden bij 3-jarige melkgeiten echter juist een uitgesproken voorkeur om te liggen op stro.

Op deze onderzoeken is het één en ander aan te merken. Zo waren de geiten in het onderzoek van Bøe et al. (2007) gewend aan een metalen ondergrond en lieten een voorkeur voor metaal zien; bij Tölü & Savaş (2019) waren de geiten gewend aan stro en lieten een voorkeur voor stro zien. Het zou dus zo kunnen zijn dat geiten de neiging hebben te kiezen voor een ondergrond die ze kennen (zie ook hoofdstuk 4), hoewel geiten bij Sutherland et al. gewend waren aan houtkrullen en desondanks een voorkeur lieten zien voor harde oppervlaktes. Zeker gezien deze mogelijke invloed van de vertrouwde ondergrond hadden de onderzoeken een korte gewenningstijd van enkele dagen of enkele weken. Ook de duur van de daadwerkelijke experimenten was kort; bij Sutherland et al. (2017) slechts 2 dagen. Daarnaast werden voor de proeven nieuwe groepen samengesteld, wat bij geiten een effect kan hebben op stresslevels en gedrag (Fernández et al., 2007; Andersen et al., 2008; Paragraaf 3.2.4). In het onderzoek van Bøe et al. (2007) werden geiten individueel gehuisvest (9 geiten in totaal), terwijl geiten veel stress kunnen ervaren door isolatie (Carbonaro et al., 1992; Patt et al., 2013; Paragraaf 3.2.3). Het is de vraag welke invloed dit heeft gehad op de resultaten van het onderzoek. In de andere onderzoeken waren de groepen zo klein dat ook dit van invloed kan zijn geweest op de groepsdynamiek en de uitkomsten van het onderzoek: bij Tölü & Savaş (2019) in groepen van 5 geiten (totaal 20) en bij Sutherland et al. (2016) in groepen van 4 geiten (totaal 32).

De mogelijke voorkeur van geiten voor een andere ondergrond dan stro om op te liggen wordt niet alleen toegeschreven aan de hardheid, maar ook aan temperatuur en warmtegeleiding van de materialen (Bøe et al., 2007), hoewel uit de literatuur niet duidelijk wordt onder welke temperatuur geiten een voorkeur krijgen voor materiaal met een lagere thermische geleidbaarheid (Sutherland et al., 2017). In verschillende studies wordt de thermoneutrale zone van (Saanen) geiten verschillend ingeschat op 10-18°C voor melkgeiten in het algemeen (Toussaint, 1997) en voor Saanen geiten rond de 20°C (Lima et al., 2020), 14-24°C (Hooper, 2019) en 12 tot 25°C (Silva et al., 2021); zie ook Paragraaf 3.7. Wel lijkt er overeenstemming te zijn over het feit dat er hittestress optreedt bij melkgeiten wanneer de temperatuur stijgt tot boven de 25-30°C (Lu, 1989; Toussaint, 1997). In een potstal wordt het door broei en de isolerende werking van stro warmer dan in een stal met een betonnen, metalen of houten vloer. Bij een hoge buitentemperatuur kan dit eerder tot temperaturen leiden die hittestress opleveren bij geiten (Schuiling, 2000). De voorkeur van geiten voor oppervlaktematerialen kan dus variëren bij wisselende omgevingsfactoren.

Een bijkomend nadeel dat genoemd wordt van een potstal is dat bij dieren die op stro lopen de klauwen niet slijten en er vaker bekapt moet worden dan wanneer ze op een harde ondergrond lopen (Sailer et al., 2021). Overgroei van de hoornwand kan onder meer leiden tot zoolbloedingen, vervormingen van de klauwen en in extreme gevallen zelfs kreupelheid (Sailer et al., 2021).

Het is opvallend dat de geiten in het eerdergenoemde onderzoek van Sutherland et al. (2017) urineerden en soms mestten op de ondergrond van houtkrullen, wanneer ze tegelijkertijd de beschikking hadden over vloeren van metalen gaas, plastic roosters en rubbermatten. De auteurs suggereren dat geiten de voorkeur geven aan een absorberende ondergrond waarop urine niet opspat. Dit pleit juist vóór een potstal, hoewel deze niet noodzakelijk met stro uitgevoerd hoeft te worden; zaagsel en zand hebben eenzelfde effect.

Deze voorkeur lijkt kansen te bieden om geiten te sturen om op een specifiek en kleiner oppervlak te mesten en urineren; iets wat interessant kan zijn met het oog op emissiereductie. Daarvoor is echter wel nader onderzoek nodig; het enige experiment waarbij naar voorkeuren van geiten voor oppervlaktes bij mesten en urineren is gekeken (Sutherland et al., 2017) was klein (8 keer 4 geiten) en kort (2 dagen). Zie ook Paragraaf 3.9 en de pilot in Hoofdstuk 4.

Een ander aspect waarop het huidige huisvestingssysteem mogelijk niet goed aansluit bij de behoeften van de geit is de groeps grootte. Hoewel grote groepen van meer dan 100 geiten ook in de natuur voorkomen en niet tot problemen leiden (Shackleton & Shank, 1984; Stanley & Dunbar, 2013), lijken geiten tegelijkertijd juist goed te gedijen in kleine groepen van bijvoorbeeld 6 of 12 geiten. In deze kleine groepen vertonen geiten meer positieve sociale interactie en minder agressief gedrag (Andersen et al., 2011; Stanley & Dunbar, 2013; Zobel et al., 2019). Kleine groepen kunnen bestaan binnen een grotere groep (Stanley & Dunbar, 2013); zie ook Paragraaf 3.2.1. Daarvoor zouden de stallen zo ingedeeld kunnen worden dat dieren zich in kleine groepjes kunnen afzonderen (Zobel et al., 2019); de huidige potstallen zijn hiervoor niet erg geschikt. Daarnaast is de vraag wat het effect is op het welzijn van geiten van het leven in groepen van honderden dieren (Zobel & Nawroth, 2020), waarin geiten voortdurend andere geiten tegenkomen die ze niet kennen, en waar het moeilijk kan zijn om de eigen subgroep terug te vinden. Tegelijkertijd betekenen de huidige grote groepen dat geiten gebruik kunnen maken van een groot leefoppervlak, dat relatief veel bewegingsvrijheid met zich meebrengt en mogelijkheden biedt voor vluchtgedrag (zie respectievelijk Paragraaf 3.3.4 en Paragraaf 3.10.1).

Ook ontbreekt het in vrijwel alle geitenstallen aan een brede beschikbaarheid van hoogteverschillen. Verhogingen kunnen net als andere vormen van hokverrijking leiden tot minder agonistisch gedrag en minder onderbrekingen van rustmomenten, vooral bij dieren lager in de rangorde (Aschwanden et al., 2009a; Verwer & Van Eekeren, 2011). Het is echter wel de vraag hoe sterk de behoefte van geiten is om te klimmen. De literatuur lijkt te suggereren dat geiten vooral willen beschikken over een rustige lig plek vanwaar de omgeving goed kan worden overzien (Andersen & Bøe, 2007; Battini et al., 2014); dat is mogelijk belangrijker dan het klimmen an sich. In de huidige stallen is de totale oppervlakte aan klimmogelijkheden, randen en verhoogde plateaus doorgaans beperkt, waardoor waarschijnlijk alleen dominante dieren de mogelijkheid hebben om in deze behoeften te voorzien (zie ook Paragraaf 3.3.2, Paragraaf 3.6.2 en Hoofdstuk 4).

De literatuur lijkt erop te wijzen dat potstallen niet in alle opzichten zijn afgestemd op de natuurlijke behoeften van de geit (hoewel op diverse aspecten ook wel). Dat is echter niet één op één verbonden aan de huidige potstallen. Er zijn ook aanpassingen aan de potstal denkbaar die kunnen helpen om beter aan deze behoeften te voldoen. Wanneer er gezocht wordt naar alternatieven voor de potstal dan wel naar aanpassingen van de potstal is het belangrijk dat deze en andere welzijnsaspecten mee worden genomen.

2.10 De burgers

Een belangrijk argument dat geitenhouders en anderen in en om de melkgeitenhouderij aanhalen vóór het behoud van de potstal is de uitstraling die de potstal heeft op de maatschappij. Er wordt vaak beweerd dat het goede imago van de melkgeitenhouderij in Nederland voor een groot deel voortkomt uit de waardering van burgers voor de potstal in de melkgeitenhouderij (De Vlieger et al., 2002; Schuiling, 2000²⁷). Het lijkt erop dat dit vooral gebaseerd is op gevoel en (anekdotische) eigen ervaringen.

Het is belangrijk om rekening te houden met hoe de burger kijkt naar de melkgeitenhouderij. Op dit moment (2025) hebben 8 van de 12 Nederlandse provincies een geitenstop ingesteld, waardoor het voor de meeste geitenhouders in Nederland onmogelijk is om hun bedrijf uit te breiden. Provincies hebben aangekondigd dat de uitkomsten uit het VGO-III²⁸ onderzoek aanleiding zouden kunnen geven om de geitenstop op te heffen of aan te passen. Op het moment van schrijven wachten provincies nog op adviezen van de gezondheidsraad naar aanleiding van deze uitkomsten.

²⁷ Ketenvisie-Platform-Melkgeitenhouderij-2024-volledige-versie-1.pdf.

²⁸ <https://www.rivm.nl/veehouderij-en-gezondheid/vervolgonderzoeken-vgo> (geraadpleegd mei 2025).

Verschillende provincies hebben echter aangegeven dat dit alleen zal gebeuren wanneer de verdere ontwikkeling in de sector op maatschappelijk draagvlak kan rekenen (Bondt et al., 2022).

Opvallend is dat in diverse onderzoeken naar voren komt dat een groot deel van de burgers helemaal niet zoveel vindt van de veehouderij. Burgers geven aan weinig zicht te hebben op de situatie in de veehouderij en een groot deel vindt zichzelf niet capabel genoeg om zich een oordeel te kunnen vormen over de veehouderij (Te Velde et al., 2002; Frewer et al., 2005; Verhue et al., 2011; EC, 2016). Tegelijkertijd geeft een groot deel van de burgers in deze onderzoeken aan dierenwelzijn belangrijk te vinden en geloven zij dat het welzijn van dieren in de veehouderij verbeterd zou moeten worden.

Er is nauwelijks onderzoek gedaan naar wat burgers weten over en vinden van de melkgeitenhouderij, maar in lijn met onderzoek in andere sectoren ligt het voor de hand dat de meerderheid van de burgers nauwelijks een beeld heeft van deze sector. Voor de melkgeitenhouderij is dit mogelijk zelfs sterker dan voor bijvoorbeeld de melkveehouderij of varkenshouderij, omdat de melkgeitenhouderij minder zichtbaar is (in het landschap, maar ook in de media). Dat betekent dat burgers niet weten hoe geiten gehouden worden – bijvoorbeeld dat ze in een potstal lopen –, hoeveel geiten er doorgaans op één bedrijf worden gehouden, of wat de verschillen zijn tussen de reguliere en biologische melkgeitenhouderij. De meeste burgers zijn hier niet mee bezig en hebben daar dus ook geen direct oordeel over.

Dat wil echter niet zeggen dat de veehouderij of specifiek de melkgeitenhouderij voor de burger niet van belang is. Zoals hierboven opgemerkt vindt een groot deel van de burgers dierenwelzijn in de veehouderij belangrijk (meer dan 90% volgens de Eurobarometer EC, 2016). En wanneer er een incident is in de veehouderij of wanneer burgers een keer op een geitenbedrijf komen, en burgers worden gevoed met informatie, beelden en met opinies van anderen, dan kunnen zij zich hier vaak wel degelijk een gearticuleerde mening over vormen. De melkgeitenhouderij gaat onder andere over voedsel, over dieren, over landschap: dat zijn thema's die voor veel burgers van belang zijn en die emotie kunnen oproepen (Bos & Van Eijk, 2009; Buijs & Lawrence, 2013).

Het is daarom niet zozeer belangrijk wat burgers vinden van de melkgeitenhouderij – want dat is vaak niet zoveel – maar vooral op basis waarvan zij zich een mening (kunnen) vormen. Dat doen burgers op basis van de waarden 'natuurlijkheid', 'traditie & harmonie', 'moderniteit' en 'de juiste intenties' (Te Velde et al., 2002; Boogaard, 2009; Fraser, 2023).

De gemiddelde burger kan met betrekking tot de melkgeitenhouderij gezien worden als een min of meer onbeschreven blad. Pas op het moment dat de burger geconfronteerd wordt met een concrete ervaring (bezoek aan een melkgeitenbedrijf), een dilemma (een politieke discussie over de groei van geitenbedrijven) of een incident (misstanden in de sector of de keten), gaat hij of zij zich een mening vormen. Die ervaringen, dilemma's of incidenten kunnen vanuit allerlei hoeken komen. Ze kunnen ingegeven worden door maatschappelijke organisaties, media, actiegroepen of politici, maar ook vanuit de sector of de keten komen. Er kan dan ook doelbewust gepoogd worden om de melkgeitenhouderij op een bepaalde manier in beeld te brengen; zowel positief als negatief. Dit lukt echter alleen goed wanneer daarbij geappelleerd wordt aan de waarden die voor de burger belangrijk zijn. Dat maakt ook dat de ene boodschap beter aanslaat dan de andere, en daarmee dat de ene boodschap meer impact heeft dan de andere (Te Velde et al., 2002; Garner, 2016). Bij het vormen van een oordeel zijn zintuigelijke waarnemingen – als die niet op het bedrijf zelf plaatsvinden, gaat dit primair om beelden – krachtiger en soms schokkender dan feitelijke informatie, hoewel ook die een rol speelt (Boogaard et al., 2008; Krishna, 2012).

Kijkend vanuit dit perspectief kunnen we vaststellen dat de burger niet vraagt om de potstal – de meeste burgers hebben immers geen idee hoe melkgeiten in Nederland gehouden worden. Maar dat betekent niet dat de potstal geen bijdrage levert aan het imago van de Nederlandse melkgeitenhouderij. Want op het moment dat burgers worden geconfronteerd met ervaringen, dilemma's of incidenten, dan is de potstal één van de beeldbepalende elementen die van grote invloed kan zijn op het oordeel van die burgers. Omdat hier nooit onderzoek naar gedaan is, is niet met zekerheid te zeggen wat die invloed is. Bij varkens levert de aanwezigheid van stro duidelijk een positieve bijdrage aan het beeld dat burgers van een houderijsysteem hebben.

Stro in de varkenshouderij wordt geassocieerd met een natuurlijke omgeving, comfort en meer mogelijkheid tot spel; ook kan stro nostalgische gevoelens oproepen (Lassen et al., 2006; Boogaard et al., 2011; Winkel et al., 2020). Deze bevindingen zijn niet één op één te vertalen naar andere sectoren, maar het ligt voor de hand dat de aanwezigheid van stro ook in de melkgeitenhouderij appelleert aan de waarden natuurlijkheid en harmonie & traditie.

Andere aspecten die belangrijk zijn voor burgers en waarop de potstal het in de ogen van de burger waarschijnlijk beter doet dan veel andere stalsystemen zijn: daglicht, voldoende frisse lucht en verbinding met de buitenlucht; ook de grote oppervlaktes die de dieren tot hun beschikking hebben kunnen als positief worden ervaren in het kader van bewegingsruimte (Goenee & Le Goff, 2003; Bos & Van Eijk, 2009; Sijtsema et al., 2009). De grote open ruimtes waarin geiten in grote groepen bij elkaar leven kunnen echter ook de massaliteit van de melkgeitenhouderij benadrukken waarin het dier als individu niet tot zijn recht komt: iets wat voor veel burgers een belangrijk punt is (Boogaard et al., 2008; Bos & Van Eijk, 2009; Sijtsema et al., 2009).

Hoewel veel burgers waarschijnlijk de voordelen van de potstal in de melkgeitenhouderij waarderen, is het ook goed denkbaar dat andere stalconcepten, met hele andere kenmerken, eveneens aansluiten bij de waarden van burgers. Sterker nog, het aantrekkelijker maken van de leefomgeving van geiten door bijvoorbeeld het aanbieden van hoogteverschillen, schuil- en vluchtmogelijkheden, kan bijdragen aan een positieve beeldvorming. Een stal die hierop inspeelt, heeft waarschijnlijk een speels karakter, wat veel burgers aanspreekt (Goenee & Le Goff, 2003). Zo'n stal vermindert ook de focus op de massaliteit van de veehouderij en biedt de geit keuzemogelijkheden, wat de individualiteit van het dier benadrukt en laat zien dat de veehouder goed voor zijn dieren wil zorgen. Kort samengevat: het vermoeden van de sector dat de potstal bijdraagt aan een positief imago wordt door de (beperkte en niet specifiek op de melkgeitenhouderij gerichte) onderzoeksresultaten eerder bevestigd dan ontkracht. Tegelijkertijd kunnen ook alternatieve stalsystemen bijdragen aan dat positieve imago. De burger lijkt (latent) tevreden met de potstal, maar de melkgeitenhouderij zou ook op andere manieren positief beoordeeld kunnen worden.

Aangezien veel burgers zich vaak niet voldoende geïnformeerd voelen om een goed oordeel over de veehouderij te vellen, vertrouwen ze deels op de mening van experts; dierenwelzijn moet voor hen namelijk niet alleen goed voelen, het moet ook feitelijk goed geregeld zijn. Experts zijn daarbij niet alleen wetenschappers en dierenartsen, maar ook dierenbeschermingsorganisaties (Clark, 2017; Alonso et al., 2020). Tot voor kort was er onder ngo's, politici en experts weinig discussie over de potstal in de melkgeitenhouderij. Daar werden vaker positieve dan negatieve uitlatingen over gedaan (Leenstra et al., 2009). De potstal lijkt echter een hogere milieu-impact te hebben dan andere stalsystemen (zie eerdere paragrafen). Daarnaast is er discussie ontstaan over of de potstal werkelijk aansluit bij de behoeften en voorkeuren van de geit; ook dierenbeschermingsorganisaties laten zich op dit vlak steeds vaker negatief uit over de potstal²⁹ (Wakker Dier, 2023). Of dat terecht is, is nog maar de vraag (zie hoofdstuk 3 en 4). Feit blijft dat hoewel de potstal op dit moment bij lijkt te dragen aan een positief imago van de melkgeitenhouderij, het mogelijk is dat dit in de toekomst verandert, onder meer onder invloed van maatschappelijke organisaties die de keerzijde van de potstal meer gaan belichten.

2.11 De melkgeitenhouders

Decennialang heeft de melkgeitenhouder de potstal gekoesterd. Er zijn nauwelijks melkgeitenhouders zonder potstal en jarenlang werd er eigenlijk niet over alternatieve stalsystemen gesproken. De Nederlandse GeitenZuivel Organisatie (NGZO) – waarvan de leden meer dan 95% van de Nederlandse geitenmelkstroom verwerken en verhandelen – heeft met het oog op dierenwelzijn in het ketenkwaliteitssysteem Kwaliteit vastgelegd dat er bij nieuwbouw, uitbreiding of renovatie van stallen geen roostervloeren meer mogen worden aangelegd³⁰.

²⁹ www.eyesonanimals.com/nl/visit-to-papen-olbach-goat-farm-where-they-are-experimenting-with-different-floor-levels-in-their-barn-for-goats-to-climb-and-rest/ (Geraadpleegd december 2024).

³⁰ [Handboek2024.pdf](#) (Geraadpleegd mei 2025).

Uit gesprekken met melkgeitenhouders blijkt dat de meeste melkgeitenhouders tevreden zijn met de huidige potstal. De weerstand om na te denken over alternatieven lijkt in de loop der jaren wel langzaam af te nemen. Het lijkt erop dat melkgeitenhouders vooral bang zijn dat de maatschappij anders naar de melkgeitenhouderij gaat kijken wanneer er afgestapt wordt van de potstal.

Daarnaast zijn er andere redenen voor melkgeitenhouders om de potstal te blijven omarmen. Zo wordt de stromest die de potstal oplevert veel hoger gewaardeerd dan drijfmest die de meeste varkens- en melkveebedrijven voortbrengen. In tegenstelling tot veel veehouders met drijfmest, hebben melkgeitenhouders doorgaans geen moeite om hun mest af te zetten: het is geliefd bij akkerbouwers. Potstalmest breekt langzamer af en draagt meer bij aan de opslag van organische stof in de bodem (Schoumans et al., 2023). Dit komt doordat vaste mest een hoger aandeel stabiele koolstof bevat; in het bijzonder wanneer deze deels bestaat uit stro. Ook kan de door potstalmest bemeste bodem met meer organische stof, water langer vasthouden (Pijlman et al., 2018); iets wat met toenemende extremen in zowel droge als natte weersomstandigheden alleen maar relevanter wordt. Of potstalmest van melkgeiten de voorkeur heeft, verschilt echter per situatie (en per ondernemer), en is onder meer afhankelijk van de grondsoort en de gewassen die geteeld worden.

Stromest heeft in principe een hogere economische waarde dan drijfmest, maar de kosten van de mestafzet zijn sterk afhankelijk van transport (hoger bij vaste mest), en regionale vraag, wat niet altijd in het voordeel van aanbieders van potstalmest uitpakt (Schoumans et al., 2023). Met de afbouw en afschaffing van de derogatie³¹ verandert de mestmarkt doordat het mestoverschot groter wordt. De Nederlandse overheid heeft bepaald dat geitenmest uit potstallen minder zwaar telt voor de fosfaatgebruiksnorm, vanwege de positieve effecten voor de bodem. In het 7^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn staat dat bij vaste mest slechts 75% van de kilo's fosfaat meegerekend hoeven te worden³² (LNV, 2021). De verwachting is dat de afzet van geitenmest duurder wordt, maar dat de prijsstijging veel minder zal zijn dan die van de afzet van drijfmest³³.

Daar staat tegenover dat er voor de productie van potstalmest veel stro gebruikt wordt. De afzet van geitenmest kost gemiddeld zo'n €20 per melkgeit per jaar (Vermeij et al., 2023). Bij een stroverbruik van 0,9 kg per geit per dag (Vermeij et al., 2023) en een stroprijs van €120 per ton tarwestro komt daar nog eens bijna €40 per melkgeit per jaar bij. Op een bedrijf met 1000 melkgeiten komt dit neer op €20.000 mestafzetkosten (dat is minder wanneer een deel van de mest op eigen land kan worden uitgereden) en €40.000 aan aankoop van stro.

Een argument dat melkgeitenhouders noemen om de potstal te behouden is het beenwerk van de geiten. Naarmate melkgeiten ouder worden, krijgen ze meer klauwproblemen. In een potstal zouden de dieren minder klauwproblemen krijgen en een langere levensduur hebben. Een potstal zou het dierenwelzijn en de diergezondheid verhogen en het economisch resultaat verbeteren. Er ontbreekt echter wetenschappelijke kennis om dit te onderbouwen. Bij melkkoeien is aangetoond dat zachte ondergronden zoals stro een positief effect hebben op de klauwgezondheid in vergelijking met harde vloeren van bijvoorbeeld beton (Somers et al., 2003; 2005). Maar of een zachte ondergrond bij geiten eenzelfde effect heeft is de vraag; Deeming et al. (2021) betwijfelen dit. Wel laten verschillende onderzoeken zien dat een zachte ondergrond bij geiten kan leiden tot overgroei en vervorming van de klauwen (Ajuda et al., 2019; Sailer et al., 2021). Dat zou juist pleiten voor het aanbieden van een harde ondergrond, hoewel dat niet hoeft te betekenen dat er niet ook een gedeelte van de stal ingestrooid wordt.

Bij de voorkeur van melkgeitenhouders voor de potstal ligt voor de hand dat het ook een rol speelt dat de potstal het enige systeem is waar de Nederlandse melkgeitenhouderij – inclusief adviseurs en periferie – mee vertrouwd is. Ook in veel andere landen is de potstal (of vergelijkbare 'diep litter' systemen) een gangbaar systeem. De kennis, vaardigheden en hulpmiddelen die in en om de sector aanwezig zijn, zijn afgestemd op de potstal. Bij een overstap naar een ander systeem moeten ook de kennisbasis, dienstverlening en hulpmiddelen aangepast worden.

³¹ www.rvo.nl/onderwerpen/mest/derogatie (geraadpleegd december 2024).

³² www.rvo.nl/onderwerpen/mest/gebruiken-en-uitrijden/fosfaat-landbouwgrond/stimuleren-organische-stofrijke (geraadpleegd december 2024).

³³ www.vakbladgeitenhouderij.nl/artikel/20240202/stop-derogatie-heeft-kleine-invloed-op-geitenstromest/ (geraadpleegd december 2024).

Het bestaande systeem lijkt hier een belangrijk voordeel te hebben, omdat dat is waar geitenhouders zich mee identificeren, omdat de potstal geïnstitutionaliseerd is (bijvoorbeeld de verplichtstelling vanuit KwaliGeit) en vanwege de (impliciete) sociale druk om het bij het oude te houden (Samuelson & Zeckhauser, 1988).

2.12 Discussie: werken aan alternatieve systemen

De Nederlandse melkgeitenhouderij kent al sinds jaar en dag nauwelijks andere systemen dan de potstal, en voor veel mensen in en rondom de sector maakt de potstal integraal onderdeel uit van de melkgeitenhouderij. Er zijn echter een aantal factoren die aanzetten tot het nadenken over nieuwe huisvestingsystemen of aangepaste vormen van de potstal.

Voor het reduceren van de ammoniakuitstoot lijkt de potstal niet het meest geschikte stalconcept, en dit lijkt in nog sterkere mate het geval voor de uitstoot van methaan uit mest en van lachgas, al bestaat ook daar nog onzekerheid over. Hoewel binnen de melkgeitenhouderij nooit goede vergelijkingen zijn gemaakt met andere stalsystemen, lijkt het er sterk op dat aanpassingen aan de huidige stal of de invoering van alternatieve stalsystemen een forse emissiereductie kunnen opleveren. Op dit moment zijn er echter nog geen uitontwikkelde alternatieven (Bremmer et al., 2025) – daar wordt wel aan gewerkt, onder meer in de eerdergenoemde Sbv-projecten – en zijn geitenhouders voor (verdere) ammoniakreductie aangewezen op luchtwassers. Daarmee behouden zij weliswaar de potstal, maar verdwijnt wel het open karakter van de stallen. Ook kunnen luchtwassers leiden tot een verslechtering van het binnenklimaat en gebeurt er met de toepassing van luchtwassers niets op het gebied van de uitstoot van methaan en lachgas.

Op basis van de literatuur lijkt de gangbare potstal ook niet optimaal vanuit het perspectief van de melkgeit. Wanneer het doel is om aan de behoeften van de geit te voldoen, zijn er aanwijzingen dat het belangrijk is om harde, warmte-regulerende oppervlaktes op verschillende hoogten aan te bieden. Daarnaast zijn er mogelijk diverse andere behoeften van de geit waarmee rekening moet worden gehouden, zoals het kunnen uitoefenen van schuil-, vlucht- en klimgedrag (zie Hoofdstuk 3). Deze aspecten zijn des te belangrijker in het licht van een dierwaardige veehouderij en de wetswijziging op basis van het amendement van De Groot en Van Campen³⁴ waarin de intrinsieke waarde van dieren centraal staat. In het amendement, dat werd overgenomen door de meerderheid van de Tweede Kamer (maart, 2024), wordt gepleit voor een wettelijke vastlegging van ontwerpprincipes die de intrinsieke waarde van dieren in de veehouderij respecteren (RDA, 2021).

Het zijn in de eerste plaats de partijen in en rondom de melkgeitenhouderij die vast lijken te houden aan de potstal. Hoewel daar ook een aantal bedrijfstechnische en -economische redenen voor gegeven wordt, lijkt beeldvorming hierin een belangrijke rol te spelen. De potstal doet het in de ogen van de sector en de zuivelketen goed in de beeldvorming en die beeldvorming is essentieel voor de toekomst van de sector (Bondt et al., 2022). Echter lijkt de perceptie van de burger buigzaam. Als er nieuwe stalsystemen ontwikkeld worden moeten die aansluiten bij wat de burger belangrijk vindt, maar dat lijkt ook mogelijk met aanpassingen van, of zelfs zonder de huidige potstal.

Er zijn mogelijkheden om de potstal in zijn huidige vorm aan te passen, en op die manier verbeteringen in de melkgeitenhouderij door te voeren zowel op het gebied van milieu als van dierenwelzijn. Denk bijvoorbeeld aan ander strooisel, vaker uitmesten of het toevoegen van (meer) klimmogelijkheden, plateaus en afleidingsmateriaal. De potentie hiervan is echter beperkt; met name wat betreft emissies lijkt veel meer winst te behalen met een stalsysteem zonder pot. Alternatieve systemen die ook daadwerkelijk beter scoren op ammoniak, klimaat en dierenwelzijn zijn er echter nog niet, en het is ook niet eenvoudig om die te ontwikkelen – kijk bijvoorbeeld naar de tegenvallende reductieprestaties van emissiearme stalsystemen in andere sectoren (Groenestein et al., 2023). Deze achterstand kan echter ook een kans zijn: de melkgeitenhouderij kan leren van wat wel en niet werkt in andere sectoren, hoeft daarbij minder te pionieren en krijgt minder te maken met investeringen die zich later niet terugbetalen (Mathews, 2002). Daarbij is het wel van belang om voor ogen te houden dat de geit echt een ander dier is dan een koe of een varken.

³⁴ www.eerstekamer.nl/behandeling/20240319/stemmingsoverzicht_tweede_kamer_4 (geraadpleegd december 2024).

Oplossingen in andere sectoren laten zich niet zomaar vertalen naar de melkgeitenhouderij. Geitenhouders die ervaring hebben met roostervloeren geven aan dat roostervloeren uit andere sectoren niet geschikt zijn voor geiten: hun klauwtjes zijn veel kleiner; dat vraagt om fijnere roosters. En de roosters die voor volwassen geiten geschikt zijn, zijn op hun beurt weer te grof voor geitenlammeren.

Tegelijkertijd heeft de geit mogelijk ook eigenschappen die benut kunnen worden bij het ontwerpen van nieuwe systemen. De cognitieve vermogens van geiten in combinatie met hun 'nieuwsgierigheid' (Nawroth et al., 2016) maken het interessant om geiten als actieve participant te zien in het systeem (Van Weeghel et al., 2016). Daarbij is het met het oog op emissies bijvoorbeeld interessant om te kijken of – zoals uit Sutherland et al. (Sutherland et al., 2017) afgeleid zou kunnen worden – het mest- en urineergedrag zo te sturen is, dat het dier – door bijvoorbeeld de voorkeur van geiten voor een specifieke locatie of ondergrond te volgen – zelf bijdraagt aan emissiereductie. Op dit moment is dat onvoldoende onderzocht en of dit in de praktijk kan werken is onbekend – zie Hoofdstuk 4.

In het verlengde van die eigenschappen van de geit is het belangrijk om nieuwe systemen 'geitenproof' te maken. Geiten hebben de neiging om alles te exploreren, dan wel te slopen of op te eten. Dat vraagt om systemen en technieken met een hoge mate van molestbestendigheid; echter zonder daarbij de geit de mogelijkheid te ontnemen om te exploreren, te knagen en te knabbelen. Het gedrag van melkgeiten om overal aan knabbelen, kan (deels) een symptoom zijn van frustratie of verveling. Bij het ontwerpen van een toekomstbestendig en welzijnsvriendelijk stalsysteem is het van belang om niet alleen te letten op molestbestendigheid, maar om ook frustratie en verveling bij de dieren zoveel mogelijk te voorkomen.

De huidige potstal is een mooi systeem, maar heeft mogelijk zijn langste tijd in de melkgeitenhouderij gehad. Eisen op het gebied van vooral milieu, maar mogelijk ook welzijn vragen om aanpassingen. De potstal hoeft daarmee niet volledig in de ban te worden gedaan; de goede elementen van het huidige stalsysteem kunnen worden behouden of bieden inspiratie voor iets nieuws. Mogelijk is er nog steeds een potstalgedeelte – met stro of een ander substraat – aanwezig in de geitenstallen van de toekomst. De uitdaging is nu om de eisen van verschillende actoren, inclusief die van de dieren, te verenigen in integraal duurzame stalsystemen. Met het ondernemerschap en het innovatievermogen dat in de Nederlandse melkgeitensector aanwezig zijn lijkt dat een uitdaging die de moeite waard is om aan te gaan, en die weleens tot verrassende uitkomsten kan leiden. Het gaat er uiteindelijk om dat er systemen ontworpen worden die niet alleen hoog scoren op het gebied van dierenwelzijn, milieu-impact, maatschappelijke acceptatie en verdienvermogen, maar waar de melkgeitenhouderij net zo verknocht aan kan raken als eerder aan de klassieke potstal. Alleen dan kan met recht gesproken worden over toekomstbestendige stalsystemen.

3 Wat wil de geit? Analyse van gedrags- en fysiologische behoeften van melkgeiten

Hans Hopster & Bart Bremmer

3.1 Inleiding

Om een houderijsysteem voor productiedieren diergericht te kunnen ontwerpen, is het van primair belang om de (gedrags- en fysiologische) behoeften van de betreffende dieren te kennen om de houderijomstandigheden (huisvesting, verzorging) daar zo goed mogelijk op af te kunnen stemmen. Dit uitgangspunt heeft eerder geleid tot zogenaamde 'programma's van eisen' voor bijvoorbeeld varkens (Projectteam 'Diergericht ontwerpen voor varkens', 2009), melkkoeien (Cornelissen et al., 2009) en leghennen (Van Weeghel et al., 2020).

In dit hoofdstuk worden de behoeften van geiten, die in Nederland voor de productie van melk worden gehouden, en de eisen die deze dieren aan hun omgeving c.q. huisvestingsysteem stellen, uitgewerkt op basis van wetenschappelijke literatuur.

3.1.1 Geitenrassen

Melkgeiten stammen oorspronkelijk af van de wilde geit (*Capra aegagrus*) die van nature voorkomt in bergachtige gebieden in landen zoals Turkije, Iran, Irak, Armenië, Azerbeidzjan, Georgië en Griekenland en delen van het Kaukasusgebergte. Volgens paleontologisch bewijs ligt de oorsprong van het geslacht *Capra* in het Plio-Pleistoceen, 5,3 miljoen tot 11.700 jaar geleden. Genetisch onderzoek naar de vroege historie van Europese geiten levert sterke aanwijzingen op dat ergens tussen 250.000 en 127.000 jaar geleden, een zogenaamde monofyletische groep (afstammelingen van eenzelfde voorouder), migreerde naar West-Europa, gevolgd door allopatrische soortvorming (Ureña et al., 2018). Dat wil zeggen, dat er nieuwe soorten ontstonden als gevolg van geografische isolatie. Deze nieuwe soorten hebben zich aangepast aan verschillende terreinen, variërend van rotsachtige bergen tot beboste gebieden. Meer dan 10.000 jaar geleden zijn er, buiten hun oorspronkelijke verspreidingsgebied, uit verschillende populaties en genetische lijnen tamme geiten ontstaan; uiteindelijk resulterend in een wereldwijde verspreiding (Alberto et al., 2018; Zeder, 2014). Voor meer inzicht in de domesticatiegeschiedenis van geiten, zie Crepaldi et al. (2024).

Een vergelijkende studie van (O'Brien, 1988) toont aan dat geografisch geïsoleerde populaties van verwilderde geiten sterke overeenkomsten vertonen in de componenten en structuur van hun sociale organisatie. Dit ondersteunt de hypothese dat veel aspecten van sociaal gedrag bestand zijn tegen verandering door domesticatie en dat sociale systemen die niet zichtbaar zijn bij gehouden dieren, waarschijnlijk tot uiting zullen komen in minder beperkende omgevingen. Echter, bepaalde gedragingen, met name post-partumgedrag, voortplantingssystemen (O'Brien, 1988) en foerageergedrag (Hoste et al., 2001) vertonen zowel kwalitatieve als kwantitatieve verschillen tussen populaties.

Hoewel *Capra hircus* (de gedomesticeerde of huisgeit) en *Capra aegagrus* (de wilde geit) veel overeenkomsten hebben in basisgedrag en fysieke kenmerken, hebben domesticatie en selectieve fokkerij de gedomesticeerde geit minder schuw en meer sociaal gemaakt, afgestemd op het leven in de nabijheid van de mens. Fenotypische kenmerken, zoals grootte, vacht, kleur, melkproductie en hoornvorming, zijn sterk beïnvloed door selectie en fokkerij, waarbij rassen (variëties) zijn ontstaan die specifiek zijn afgestemd op de behoeften van de mens.

Met andere woorden, binnen de diersoort *Capra hircus* bestaat een grote variatie in grootte, gewicht, gedrag en andere uiterlijke kenmerken omdat verschillende populaties als gevolg van natuurlijke én kunstmatige selectie eeuwenlang zijn aangepast aan specifieke leefgebieden en gebruiksdoelen (Crepaldi et al., 2024). Een tot de verbeelding sprekend voorbeeld wordt door Delibes et al. (2017) als volgt beschreven:

In het zuidwesten van Marokko, waar de gemiddelde jaarlijkse neerslag slechts 300 mm bedraagt, beklommen geiten (volwassen gewicht 25-30 kg volgens (El Aich et al., 2007)) de endemische arganboom (Argania spinosa). Herders helpen jonge geiten om deze klimvaardigheid te ontwikkelen en snoeien de bomen af en toe om het klimmen te vergemakkelijken. Tijdens de herfst, wanneer kruidachtige vegetatie ontbreekt, besteden geiten maar liefst 74% van hun foerageertijd aan "grazen in boomtoppen".

Binnen de soort *Capra hircus* (de gedomesticeerde geit) bestaat een grote verscheidenheid aan rassen, elk met unieke kenmerken die het resultaat zijn van eeuwenlange aanpassing aan lokale omstandigheden en/of selectief fokken. Hier volgen enkele voorbeelden.

Boergeit: Dit ras is oorspronkelijk afkomstig uit Zuid-Afrika en is bekend om zijn forse bouw en hoge vleesproductie. Boergeiten kunnen tot wel 100 kg wegen en hebben een stevige, gespierde lichaamsbouw, een karakteristieke witte vacht met een bruine kop en lange, hangende oren. Ze zijn over de hele wereld populair vanwege hun aanpassingsvermogen en productiviteit.

Dwerggeit: Dit kleine ras, oorspronkelijk afkomstig uit West-Afrika, is veel kleiner en lichter, met een gemiddelde schofthoogte van slechts 40 tot 50 cm en een gewicht tussen de 20 en 30 kg. Dwerggeiten zijn populair als huisdier vanwege hun vriendelijke karakter en speelse gedrag. Ze hebben een korte, dichte vacht die in verschillende kleuren voorkomt en zijn goed bestand tegen warmere klimaten.

Angorageit: De angorageit is bekend om zijn lange, zijdeachtige vacht, die gebruikt wordt voor de productie van mohair. Dit ras, afkomstig uit Turkije, heeft een fijne, gekrulde vacht en een kleiner lichaam dan veel andere rassen, met een gewicht tussen de 35 en 70 kg. Angorageiten vereisen specifieke verzorging, omdat hun vacht gevoelig is voor vuil en parasieten.

Nubische geit: Nubische geiten hebben een kenmerkend uiterlijk, met lange, hangende oren en een licht gebogen neus. Ze zijn vaak groter en zwaarder dan andere melkgeitenrassen en kunnen tot 80 kg wegen. Nubische geiten zijn populaire melkproducenten, aangezien hun melk een hoog vet- en eiwitgehalte heeft. Ze staan ook bekend om hun extraverte en vocale persoonlijkheid.

Saanengeit: Dit Zwitserse ras staat bekend als één van de beste melkproducenten ter wereld en kan jaarlijks gemiddeld 900 tot 1200 liter melk leveren. Saanengeiten zijn meestal wit en hebben een robuuste lichaamsbouw, met een gewicht tussen de 60 en 80 kg. Ze hebben een rustige, volgzame aard en zijn zeer geschikt voor intensieve melkveehouderij.

Deze voorbeelden illustreren hoe de soort *Capra hircus* zich heeft aangepast aan verschillende omgevingen en aan de diverse behoeften van de mens. Elk ras heeft zijn eigen unieke eigenschappen die zijn ontwikkeld door selectie op specifieke kenmerken, zoals melk- of vleesproductie, klimaatbestendigheid, of eigenschappen die aantrekkelijk zijn voor mensen die geiten als huisdieren houden. Over het algemeen zijn kleinere en lichtere rassen, zoals dwerggeiten, actiever, speelser en nieuwsgieriger. Ze neigen ook meer naar klimmen en exploratief gedrag dan grotere, zwaardere rassen, zoals de Toggenburger en de Saanengeit, die meestal rustiger en volgzamer zijn. Klimaat- en omgevingsomstandigheden spelen eveneens een rol in het gedrag: rassen die afkomstig zijn uit koude klimaten (zoals de Angorageit) hebben vaak een kalmer gedrag, terwijl rassen uit warmere gebieden (zoals Nubische geiten) vaak energiek en expressief zijn. Rassen uit bergachtige gebieden (zoals de Alpine geit) zijn juist weer sterke klimmers, goed aangepast aan bergachtig terrein. Gelet op de verschillen tussen rassen binnen de diersoort "geit" is zorgvuldigheid geboden bij het vaststellen van de behoeften van specifieke rassen. In dit hoofdstuk richten we ons op de behoeften van Nederlandse melkgeiten die voornamelijk tot het Saanen-ras behoren en in mindere mate uit Toggenburgers, Alpine en Nubische geiten, of kruisingen daarmee, bestaan.

3.1.2 Gedragsbehoeften en motivatie

De ethologie (gedragsbiologie) onderzoekt hoe gedrag ontstaat, wat de functie ervan is, hoe het wordt beïnvloed door interne en externe factoren, en hoe het zich evolutionair heeft ontwikkeld (Tinbergen, 1963). In de ethologie wordt uitgegaan van een sterke samenhang tussen **behoeften** en **motivatie**, omdat beide concepten de basis vormen voor het gedrag van dieren.

3.1.2.1 Gedragsbehoeften

Behoeften zijn interne toestanden die aangeven dat een dier iets mist of nodig heeft om te overleven of zich voort te planten. Behoeften zijn vaak biologisch of psychologisch van aard. Voorbeelden zijn de behoefte aan nutriënten, water, sociaal contact of de behoefte aan veiligheid. Deze behoeften ontstaan vaak door fysiologische tekorten (bijvoorbeeld een lage bloedsuikerspiegel veroorzaakt honger) of externe prikkels (bijvoorbeeld de aanwezigheid van een roofdier roept de behoefte op om te vluchten). *Motivatie* is de innerlijke drijfveer die een dier aanzet om gedrag te vertonen dat een behoefte vervult. Het is de mate van gedragsbereidheid die voortkomt uit een behoefte. Motivatie vormt dus de vertaalslag van een behoefte naar gedrag. Hoe belangrijker de behoefte, hoe groter de motivatie om die behoefte te vervullen. Bijvoorbeeld: om uitdroging te voorkomen is een dier dat al lange tijd geen water heeft gedronken, sterk gemotiveerd om water te zoeken en te drinken.

Jensen en Toates (1993) stellen dat dieren in theorie bepaald gedrag vertonen als gevolg van interne toestanden, een geleidelijk toenemende motivatie, en de intrinsiek belonende eigenschappen van het gedrag zelf. Zij waarschuwen echter voor een zogenaamde "catalogusbenadering", waarin gedrag wordt onderverdeeld in wat wel en niet als noodzakelijk wordt gezien. Jensen en Toates (1993) bekritiseren deze benadering omdat motivatie afhankelijk is van een complex van zowel interne als externe factoren die niet altijd strikt te scheiden zijn. Ook al kan de motivatie om gedrag te vertonen in de tijd toenemen, dat maakt het niet automatisch een belangrijke behoefte. Zelfs bij eenvoudig gedrag, zoals nestbouw (zeugen) of stofbaden (kippen), is het volgens Jensen en Toates (1993) ingewikkeld om voor een dier te bepalen wat essentieel is. In plaats van het isoleren van specifieke gedragingen, benadrukken zij dat de volledige context en het totale gedragssysteem in samenhang moeten worden geanalyseerd. Over hoe dit praktisch aan te pakken doen ze echter geen suggesties.

Ondanks hun bezwaar tegen een strikte catalogusbenadering, is er bij Jensen en Toates (1993) geen enkele twijfel over dat gedragsbehoeften bestaan. Wij zien dan ook geen beter alternatief voor het systematisch evalueren van het totale gedragssysteem. Het categoriseren en classificeren van behoeften is dus altijd arbitrair en kan mettertijd door veranderende inzichten wijzigen. Dat geldt voor de behoeften van dieren (Jensen en Toates, 1993; Kornum et al., 2017), en voor de behoeften van mensen (Kenrick et al., 2010; Rojas et al., 2023). Uit pragmatische overwegingen zijn de behoeften van geiten in dit hoofdstuk daarom geclassificeerd volgens de meest actuele inzichten in de leidende principes voor dierwaardigheid (RDA, 2021) en het behoeftenschema zoals dit op basis van EFSA (2022) recent door Rodenburg et al. (Rodenburg et al., 2022) voor diverse landbouwhuisdiersoorten is gehanteerd.

Als concept voor de behoeften van mensen, wordt vaak de ordening van behoeften, op basis van Maslow's in 1943 gepubliceerde motivatietheorie gebruikt. De iconische, inmiddels enigszins aangepaste piramide brengt een heel simpele maar krachtige boodschap over: niet alle behoeften zijn even belangrijk, er zijn basisbehoeften (in de onderste lagen) en niet-basisbehoeften (in de bovenste lagen). De piramide wordt gedurende de ontwikkeling stap voor stap beklommen en als gevolg daarvan worden behoeften sequentieel bevredigd, waardoor het bereiken van de top van de piramide als een einddoel kan worden beschouwd. De theorie van Maslow heeft veel invloed gehad op de psychologie en het begrip van menselijke motivatie, maar er is ook kritiek. De bevindingen in het artikel van Rojas et al. (2023) wijzen op een herziene kijk op de hiërarchie van menselijke behoeften. Maslow's originele theorie van onafhankelijke behoeften en een strikt sequentiële volgorde daarin wordt empirisch niet ondersteund. In plaats daarvan benadrukt het onderzoek dat: 1) De behoeften niet los staan van elkaar en ook niet strikt sequentieel worden bevredigd: mensen kunnen hogere behoeften, zoals liefde en verbondenheid bevredigen zonder dat lagere behoeften, zoals fysiologische of veiligheidsbehoeften, volledig zijn vervuld; 2) Liefde en verbondenheid moeten worden beschouwd als kernbehoefte: deze behoeften dragen het meest bij aan levensvreugde, gevolgd door zelfrespect en waardering; 3) Een gebalanceerde benadering belangrijk is: het prioriteren van enkel lagere behoeften kan volgens de auteurs het welzijn op lange termijn schaden.

Strategieën zouden gericht moeten zijn op het tegelijkertijd adresseren van verschillende behoeften om een hoog welzijn te waarborgen. Dit advies vertoont daarmee interessante parallellen met de aanbevelingen van Jensen en Toates (1993) en Kornum et al. (2017) betreffende dierlijke behoeften. Hoewel een systemische of integrale benadering van behoeften wenselijk zou zijn om recht te doen aan hun onderlinge verwevenheid en contextafhankelijkheid, blijkt dit in de praktijk nauwelijks uitvoerbaar. Om behoeften hanteerbaar te maken voor analyse en vertaling naar concrete ontwerpisen, is het onvermijdelijk om bepaalde aspecten van hun dynamiek en complexiteit te abstraheren en onderscheid te maken tussen verschillende categorieën van behoeften.

In lijn met de door Tinbergen (1963) gehanteerde tweedeling tussen functionele en mechanistische verklaringen van gedrag, pleit Dawkins (1983) voor een onderscheid tussen **evolutionaire behoeften** ('ultimate needs') en **directe behoeften** ('proximate needs'). Evolutionaire behoeften zijn gedragingen die essentieel zijn voor het overleven en voortplanten van het dier, zoals eten en drinken. Directe gedragsbehoeften zijn gedragingen waarvoor het dier op een bepaald moment sterk gemotiveerd kan zijn, zoals klimmen of exploreren, ook al zijn deze gedragingen bij gehouden dieren niet strikt noodzakelijk voor overleving. In de natuur gaan evolutionaire en directe gedragsbehoeften vaak hand in hand: geiten klimmen bijvoorbeeld om voedsel te vinden of om roofdieren te vermijden. Onder houderijomstandigheden kunnen deze behoeften echter losgekoppeld raken (Duncan, 1998), wat het risico met zich meebrengt dat directe gedragsbehoeften ten onrechte niet als noodzakelijk, maar als 'luxe' worden gezien, terwijl langdurige onderdrukking ervan volgens Jensen en Toates (1993) desondanks kan leiden tot frustratie, verveling of chronische stress. Onderzoek laat zien dat dieren soms net zo sterk gemotiveerd zijn om eten te zoeken als om te eten (Dawkins, 1983; Jensen & Toates, 1993). Daarom is het belangrijk om met het oog op een dierwaardige melkgeitenhouderij niet alleen te kijken of een dier gezond is en voldoende voedsel en water heeft, maar ook of het de ruimte krijgt om naar eigen keuze sterk gemotiveerd gedrag uit te voeren.

3.1.2.2 Motivatie

Als dieren bepaald gedrag vertonen, betekent dat niet automatisch dat dit voor hen belangrijk is (Hopster et al., 1998). Om proefondervindelijk vast te stellen hoe sterk dieren gemotiveerd zijn om bepaald gedrag uit te voeren zijn *consumer-demand* studies, zoals voor het eerst bepleit door Dawkins (1983), het meest geëigend, hoewel niet zonder beperkingen. De basis voor deze studies is *prijselasticiteit* en berust op de micro-economische theorie van consumentengedrag. Daarin wordt uitgegaan van het idee dat consumenten hun welzijn maximaliseren, gegeven het budget dat zij te besteden hebben. Deze studies gaan uit van het beginsel dat als de prijs van een product daalt, de gevraagde hoeveelheid stijgt, en omgekeerd. De mate van motivatie van dieren om toegang te verkrijgen tot een bepaalde hulpbron (bijvoorbeeld voer, water of soortgenoten) of voorziening (bijvoorbeeld buitenuitloop, klimtoestel of borstel) kan kwantitatief worden onderzocht met behulp van dit concept van prijselasticiteit. In dit kader verwijst 'prijs' naar de hoeveelheid inspanning (bijvoorbeeld aantal duwbewegingen, benodigde tijd of fysieke arbeid) die een dier moet leveren om toegang te krijgen tot iets. Wanneer de consumptie van een hulpbron sterk afneemt naarmate de vereiste inspanning toeneemt (hoge prijselasticiteit), wijst dit op een relatief lage motivatie. Omgekeerd, als de consumptie relatief stabiel blijft ondanks toenemende 'kosten' (lage prijselasticiteit), wordt dit geïnterpreteerd als een indicatie van een hoge motivatie.

Deze benadering maakt het mogelijk om op gestandaardiseerde wijze de motivatie voor verschillende hulpbronnen of voorzieningen te vergelijken (Dawkins 1983; Reijgwart et al., 2016). Jonge dieren kunnen bijvoorbeeld veel tijd besteden aan spelen, maar dat betekent niet automatisch dat dit gedrag voor hen essentieel is. Spelgedrag is aantrekkelijk en komt bij jonge dieren frequent voor, maar als bijvoorbeeld kalveren minder melk verstrekt krijgen of worden gespeend (het beschikbare energiebudget neemt af), wordt spelgedrag snel verminderd of gestaakt — wat wijst op een hoge prijselasticiteit en dus een relatief lage prioriteit vanuit het dier zelf gezien (Krachun et al., 2010). Daarentegen kunnen dieren juist weinig zichtbaar gedrag vertonen dat wél essentieel is, zoals sociaal contact. Ook als ze beperkt worden in hun sociale keuzemogelijkheden, zullen dieren zich vaak blijven aanpassen, en in experimenten blijken ze bereid relatief veel moeite te doen om toegang te krijgen tot soortgenoten. Dit wijst op een hoge motivatie ondanks weinig opvallend gedrag (Borland et al., 2017; Holm et al., 2002).

Kirkden et al. (2003) onderscheiden globaal twee types testen om de sterkte van de motivatie van dieren te meten: operante testen en keuzetesten.

Beide types testen vereisen dat een dier een bepaalde inspanning levert om toegang te krijgen tot een bepaalde hulpbron of voorziening, of om een bepaalde tijd te besteden aan het consumeren of gebruiken ervan. Bij operante tests wordt er een inspanning (*kosten*) verbonden aan de toegang tot de voorziening door van het dier te eisen dat het een taak uitvoert. Bij keuzetests worden de *kosten* daarentegen verbonden aan de consumptie of het gebruik, waarbij het dier doorgaans een vaste hoeveelheid tijd of een vast aantal keuzes moet verdelen over verschillende opties. De redenatie is dat hoe meer een dier consumeert, of hoe meer het 'betaalt', des te sterker haar motivatie moet zijn. Beide testen hebben echter zo hun beperkingen. Een belangrijke beperking van dergelijke consumer-demand testen (beide types) is de voorwaarde dat alleen de kosten die samenhangen met de specifieke motivatie waarvan je de sterkte wilt meten, moeten kunnen worden gevarieerd bij een gelijkblijvend niveau aan beschikbare energie ('closed economy'), of vice versa, hetgeen in de praktijk erg lastig is en voorbijgaat aan de onderlinge samenhang tussen diverse behoeften. Nog afgezien van het feit dat dergelijke tests meestal worden uitgevoerd met individuele dieren, terwijl de sociale dynamiek in een groep mede bepaalt hoe gemotiveerd dieren zijn om bepaald gedrag uit te voeren. Een andere beperking van voorkeurstests - waarbij gekeken wordt wat een dier kiest - is dat ze niet altijd iets betrouwbaars zeggen over welzijn (Haynes, 2011). Als een dier bijvoorbeeld moet kiezen tussen iets wat nu prettig is en iets wat op de lange termijn beter is, of als het de aangeboden keuzes niet goed kan waarnemen of begrijpen, dan werkt zo'n test niet goed. Bovendien is er vaak te weinig keus: de opties zijn zo beperkt dat ze niets zeggen over wat voor het dier écht het beste zou zijn. Daarnaast zijn simpele metingen, zoals hoeveel een dier eet of hoelang het ergens mee bezig is, vaak niet geschikt om verschillende soorten motivaties met elkaar te vergelijken. Motivaties verschillen in hoe sterk ze zijn, maar ook in andere dingen, bijvoorbeeld hoe snel een behoefte bevredigd raakt of hoeveel van iets daarvoor nodig is.

Voor zover bekend is er vrijwel geen onderzoek beschikbaar waarin de motivatiesterkte van geiten voor bepaald gedrag op kwantitatieve wijze is vastgesteld. Door het ontbreken van empirische gegevens over de sterkte van gedragsmotivaties bij geiten – en daarmee over het relatieve belang van onderliggende gedragsbehoeften – zijn we genoodzaakt een pragmatische benadering te hanteren. Hierbij baseren we ons op 'best educated guesses', waarbij de beschikbare literatuur, kennis over verwante diersoorten en gedragsobservaties worden gecombineerd om een zo goed mogelijke inschatting te maken van de waarde die geiten hechten aan verschillende gedragsbehoeften.

3.1.3 Prioritering van behoeften

Zoals uit de publicaties van onder andere Kenrick et al. (2010) en Rojas et al. (2023) blijkt is de beroemde behoeftenhiërarchie van Maslow niet onomstreden. Het model kan een goed startpunt vormen om na te denken over motivatie en behoeften, maar in zowel de psychologie van mensen als in de ethologie is er stevige kritiek. Behoeften zijn niet strikt hiërarchisch, staan niet los van elkaar en de invulling ervan is niet per definitie sequentieel. In de praktijk vullen mensen én dieren verschillende behoeften tegelijk in. Een hongerig dier kan toch kiezen voor sociale interactie, zelfs zonder eerst volledig gevoed te zijn, en mensen riskeren soms hun veiligheid omwille van zelfexpressie of idealen. Daarnaast zijn er individuele en culturele verschillen. Het model gaat uit van een universele volgorde, maar in werkelijkheid spelen opgroeicondities, levensfase en persoonlijkheid een grote rol. Bij mensen zijn in sommige culturen sociale verbondenheid en gemeenschapszin belangrijker dan individuele zelfontplooiing. Ook is er geen empirisch bewijs voor de volgorde. Onderzoek toont niet eenduidig aan dat dieren of mensen hun gedragsbehoeften in een vaste volgorde vervullen. In de moderne motivatiepsychologie wordt bij mensen dan ook steeds vaker gebruikgemaakt van dynamische benaderingen, zoals de zelfdeterminatietheorie van Ryan en Deci (2019), die uitgaat van de wisselwerking tussen verschillende basisbehoeften afhankelijk van context en persoonlijke ontwikkeling. Ook bij dieren blijkt de volgorde waarin gedragsbehoeften worden geuit of nagestreefd sterk contextafhankelijk te zijn. Factoren zoals domesticatiegeschiedenis, genetische selectie, vroege omgevingsinvloeden en actuele houderijomstandigheden spelen hierbij een rol, evenals soortspecifieke kenmerken en individuele motivatie.

Niettemin is duidelijk dat niet alle gedragsbehoeften voor het dier een gelijke prioriteit hebben. Sommige gedragingen zijn essentieel voor het behoud van biologisch functioneren, terwijl andere gedragingen onder gunstige omstandigheden weliswaar vaak worden waargenomen, maar onder verhoogde kosten of belemmeringen relatief gemakkelijk worden gestaakt.

Hoewel het lastig is om deze prioritering systematisch en kwantitatief vast te stellen, is het aannemelijk dat er gradaties bestaan in de mate waarin dieren gemotiveerd zijn om bepaald gedrag te vertonen.

Bij de beoordeling van gedragsbehoeften is het zinvol onderscheid te maken tussen directe (proximate) en evolutionaire (ultimate) behoeften (Dawkins 1983). Proximate behoeften verwijzen naar de onmiddellijke prikkels en interne mechanismen die gedrag aansturen, terwijl ultimate behoeften betrekking hebben op de evolutionaire functie van het gedrag in termen van overleving en voortplanting. Ultimate behoeften worden beschouwd als essentieel; proximate behoeften als niet of minder essentieel. Om een al te rigide onderscheid tussen gedragsbehoeften te voorkomen, gebruiken we hier liever de termen 'basisbehoeften' en 'facultatieve behoeften' in plaats van 'essentiële' en 'niet-essentiële' behoeften. Wanneer bepaald gedrag wordt bestempeld als *facultatief*, wordt bedoeld dat de gedragsbehoefte niet noodzakelijk is voor het biologisch functioneren of overleving, maar aan de eigen voorkeur van dieren wordt overgelaten. Het bevredigen van facultatieve behoeften kan overigens wel degelijk bijdragen aan het welzijn van dieren en aan hun levenskwaliteit. Basisbehoeften daarentegen zijn behoeften waarvan het verhinderen op korte termijn kan leiden tot stress, frustratie, gedragspathologieën of gezondheidsproblemen. Het onderscheid tussen basis- en facultatieve gedragsbehoeften is van praktische betekenis voor het ontwerpen van dierwaardige houderijsystemen.

Basisbehoeften

Gedragsbehoeften kunnen als basisbehoeften worden aangemerkt (Kornum et al., 2017), wanneer het gaat om gedragingen die fundamenteel zijn voor het welzijn van het dier. Het gaat daarbij niet enkel over functionele gedragingen die nodig zijn om te overleven, te groeien en voort te planten, maar ook over gedragingen die het dier moet kunnen uitvoeren om fysiek en mentaal gezond te blijven.

Samengevat moeten basisgedragsbehoeften daarvoor voldoen aan de volgende criteria (ibid.):

1. Universeel: Het gedrag komt voor bij alle individuen van de soort, ongeacht leeftijd of geslacht;
2. Endogeen gemotiveerd: De drang tot het gedrag komt van binnenuit (bijvoorbeeld hormonale veranderingen), en is dus niet uitsluitend afhankelijk van externe stimuli;
3. Belemmering is schadelijk: Als het dier dit gedrag niet kan uitvoeren, treden negatieve effecten op zoals chronische stress, frustratie, stereotiep gedrag of andere welzijnsproblemen;
4. Reboundeffect: Wanneer het gedrag langere tijd wordt verhinderd, neemt de motivatie om het uit te voeren toe zodra dat wel weer kan — soms met verhoogde intensiteit;
5. Zelfbelonend: Het uitvoeren van het gedrag is op zichzelf bevredigend, ongeacht het directe effect of resultaat.

Deze criteria, die onderling niet geheel onafhankelijk zijn, vormen een nuttig hulpmiddel, ook al zijn ze volgens verschillende onderzoekers te rigide en houden ze onvoldoende rekening met de context en gradaties (Jensen en Toates, 1993). Al het gedrag wordt volgens Hughes en Duncan (1988) door zowel interne als externe factoren aangestuurd. Wanneer men echter de directe (proximate) factoren beschouwt die de onmiddellijke expressie van specifieke gedragspatronen bepalen, blijkt duidelijk dat sommige gedragingen primair worden getriggerd door interne factoren binnen het dier, andere door externe prikkels uit de omgeving, en weer andere door complexe interacties tussen beide (Hughes en Duncan, 1988). Bij gedomesticeerde geiten in veilige stallen ontbreekt bijvoorbeeld de externe prikkel om zich voor predatoren in veiligheid te brengen, maar de intrinsieke gedragsbehoefte aan klimmen kan nog steeds latent aanwezig zijn. Een ander voorbeeld is het zogeheten 'surplus killing'-gedrag van wolven. Hoewel het overmatig doden van prooien op het eerste gezicht geen essentiële functie lijkt te hebben, kan het voortkomen uit een diepgewortelde evolutionaire basisbehoefte aan jagen en doden, waarvoor de motivatie om dit gedrag uit te voeren in specifieke situaties – ruime beschikbaarheid van prooidieren die niet kunnen vluchten – wordt geactiveerd. Jagen en doden is voor de wolf intrinsiek belonend en kan in specifieke situaties tot veel slachtoffers leiden.

Van overleven naar beleving

De discussie over gedragsbehoeften verschuift steeds meer van het puur biologisch functioneren van het dier en het tegengaan van lijden en pijn naar het perspectief van het dier zelf. Onderzoek toont aan dat dieren niet alleen gebaat zijn bij het voorkómen van negatieve gevolgen van houderij, maar ook bij het ervaren van positieve emoties zoals nieuwsgierigheid, spelplezier en voldoening (Mench, 1998).

Recente modellen zoals het 'Five Domains'-model (Mellor, 2016) en het advies van de Raad voor Dierenaangelegenheden (RDA 2021) benadrukken dat welzijn ook bestaat uit positieve ervaringen en het benutten van natuurlijke vermogens. Deze benadering sluit aan bij bredere psychologische modellen (zoals de herziene piramide van Maslow) waarin zelfontplooiing en mentaal welbevinden voor mensen als belangrijke levensdoelen worden beschouwd.

Voor het ontwerp van dierwaardige houderijconcepten betekent dit dat basisbehoeften voor gedrag gegarandeerd moeten kunnen worden vervuld. Daarnaast moeten dieren ook mogelijkheden krijgen om te kiezen, te exploreren en plezier te beleven. Gedragsbehoeften die soms als 'luxe' worden beschouwd, kunnen wel degelijk bijdragen aan mentaal welzijn en aan een 'life worth living' (Hughes en Duncan, 1998).

Facultatieve behoeften

In de beoordeling van gedragsbehoeften is het zinvol om basisbehoeften te onderscheiden van andere gedragsbehoeften. In de praktijk blijken deze categorieën echter niet strikt afgebakend; er zijn graduele verschillen in de mate waarin gedragingen bijdragen aan het welzijn van het dier. Sommige gedragingen, zoals foerageren, herkauwen en sociaal contact met soortgenoten, staan onder vrijwel alle omstandigheden aan de basis van het behoud van biologisch functioneren. Andere gedragingen, zoals klimmen of exploreren, zijn sterk contextafhankelijk: ze worden frequent vertoond wanneer de omgeving daartoe uitnodigt, maar het uitblijven ervan leidt niet per definitie onmiddellijk tot aantoonbaar welzijnsverlies. Tussen deze uitersten bevindt zich een scala aan gedragingen met een tussenliggende prioriteit, zoals het zoeken van thermisch comfort of het selecteren van een ligplaats. De mate waarin geiten gemotiveerd zijn om deze gedragingen uit te voeren, kan variëren afhankelijk van factoren als leeftijd, dracht, gezondheidstoestand, omgevingscondities en sociale context. Een goede welzijnsbenadering vraagt om maatwerk en ruimte voor zowel basisbehoeften als voor gedragingen die het leven van dieren verrijken. Deze laatste komen voort uit wat wij hier de facultatieve gedragsbehoeften noemen. De centrale vraag "Wat wil de geit" zou daarom beter als volgt geformuleerd kunnen worden: *"In welke mate draagt het vervullen van een specifieke behoefte, binnen de context van houderij, bij aan de door de melkgeit ervaren kwaliteit van leven?"*

Om op deze vraag een antwoord te kunnen geven en iets te kunnen zeggen over de prioritering van facultatieve gedragsbehoeften gebruiken we de volgende criteria (doorredenerend op de eerder door Kornum et al. 2017 genoemde criteria voor basisbehoeften):

1. Het gedrag komt bij diverse individuele dieren regelmatig voor;
2. Het gedrag wordt ogenschijnlijk met een duidelijk doel uitgevoerd;
3. Het dier doet moeite om het gedrag te kunnen uitvoeren;
4. Het gedrag lijkt het dier te belonen met rust, sociaal evenwicht, herstel of plezier.

Het aldus classificeren van gedragsbehoeften naar de bijdrage aan de levenskwaliteit van geiten helpt om prioriteit te geven aan gedragsbehoeften die relatief gezien een grote bijdrage leveren. Bij het ontwerpen van een dierwaardige melkgeitenhouderij is het belangrijk om, naast de vervulling van basisgedragsbehoeften, ook ruimte te bieden voor de vervulling van facultatieve gedragsbehoeften die het welzijn versterken en de voor de diersoort typische ervaringen ondersteunen.

3.1.4 Werkwijze

Vooraf merken we op dat er naar geiten beduidend minder experimenteel en empirisch welzijnsonderzoek is gedaan dan naar diersoorten zoals varkens, kippen of koeien. Desondanks bestaat er een aanzienlijke hoeveelheid publicaties over geitengedrag. Bij veel van deze studies moeten echter kanttekeningen worden geplaatst, bijvoorbeeld over de duur en schaal van de experimenten, de groepsgrootte, de onderlinge vergelijkbaarheid van ethogrammen, en de genetische diversiteit van de onderzochte dieren. Ook worden relevante factoren zoals de voorgeschiedenis van de dieren en de houderijcondities niet altijd volledig beschreven. Zo is vaak onduidelijk of geiten binnen een onderzoeksgroep elkaar al kenden, of aan welke omstandigheden zij gewend waren (zoals groepsgrootte, vloertype of de aanwezigheid van een buitenuitloop). Deze factoren zijn belangrijk om in ogenschouw te nemen bij de interpretatie van de onderzoeksresultaten.

De behoeften van geiten zijn eerder in kaart gebracht in de MSc-thesis van Van Staaveren (2012), waarin een behoefteanalyse werd opgesteld op basis van literatuuronderzoek en input van praktijkexperts. Op basis daarvan zijn destijds eisen geformuleerd waaraan de melkgeitenhouderij zou moeten voldoen om in deze behoeften te voorzien. In het licht van recente ontwikkelingen rondom een dierwaardige veehouderij en de gedragsbehoefteanalyse die in dat kader is opgesteld (Rodenburg et al., 2022) en nieuwe wetenschappelijke inzichten over geitengedrag, is de oorspronkelijke analyse van Van Staaveren in dit hoofdstuk geactualiseerd. Daarbij is gebruikgemaakt van recente wetenschappelijke literatuur, waaronder het hoofdstuk over natuurlijk gedrag van geiten uit het boek *The Welfare of Goats* (Zobel et al., 2024). Met deze geactualiseerde behoefteanalyse sluiten we aan bij de aanpak die ook in andere veehouderijsectoren wordt gevolgd, waarbij onder andere op basis van wetenschap betreffende natuurlijke behoeften wordt geconcretiseerd wat het uitgangspunt 'dierwaardige houderij' in de praktijk inhoudt.

Ten behoeve van een zorgvuldige analyse is het gedragssysteem van geiten onderscheiden in tien afzonderlijke gedragsdomeinen, waarbinnen de meest relevante gedragsaspecten zijn besproken (Paragraaf 3.2 tot en met 3.11). Voor elk domein zijn vervolgens op basis van wetenschappelijke inzichten de behoeften van geiten geïnventariseerd. Deze behoeften zijn aansluitend geclassificeerd naar hun belang voor de geit, op basis waarvan ontwerpisen zijn opgesteld. In afzonderlijke paragrafen is vervolgens ingegaan op gezondheid en ziekte bij geiten (Paragraaf 3.12), overige onderwerpen (Paragraaf 3.13) en ingrepen (Paragraaf 3.14). Daarna zijn, via integratie van deze ontwerpisen, per gedragsdomein streefbeelden en aanbevelingen geformuleerd (Paragraaf 3.15). Deze streefbeelden en aanbevelingen zijn uiteindelijk geconvergeerd naar integrale ontwerpprincipes voor een dierwaardige melkgeitenhouderij (Paragraaf 3.16).

3.2 Sociaal gedrag

3.2.1 Groepsvorming

Leven in groepen komt volgens Della Libera et al. (2023) en Madsen en De Silva (2024) bij diverse diersoorten voor, waaronder bij geiten (*Capra hircus*) die leven onder natuurlijke omstandigheden (Shi et al., 2005; Calhim et al., 2006; Stanley & Dunbar, 2013). In de loop van de evolutie heeft natuurlijke selectie op sociaal gedrag het voor hoefdieren mogelijk gemaakt om in groepsverband te leven. De omvang, samenstelling en stabiliteit van zulke groepen vertonen aanzienlijke variatie, zowel tussen als binnen soorten. Deze variatie laat zich verklaren door de kosten-batenverhouding van groepsvorming. Klassieke voordelen van het leven in een groep zijn onder meer een verhoogde bescherming tegen predatoren, efficiëntere lokalisatie en verdediging van voedsel- en waterbronnen, en voordelen op het gebied van thermoregulatie (Mendl & Held, 2001). Als kosten worden genoemd de competitie binnen de groep, het onderlinge gevaar op besmetting met infectieuze ziekten en eerder worden opgemerkt door predatoren. Een potentiële kost van leven in grote groepen is tenslotte ook de toegenomen kans op paringen van geiten met bokken buiten de eigen sociale groep, wat kan leiden tot conflicten of verminderde vaderschapszekerheid voor dominante bokken. In grotere, open of dynamische groepen (zoals bij fission-fusion-systemen) is het voor bokken moeilijker om paringsactiviteit van groepsleden te controleren. Een geit kan dus paren met een bok van buiten de groep, ook als er al een dominante bok aanwezig is.

Sociaal gedrag ontwikkelt zich wanneer de baten van groepsvorming in termen van fitness zwaarder wegen dan de bijbehorende kosten. Cruciaal daarbij is dat deze kosten en baten afhankelijk zijn van de heersende omgevingsomstandigheden. Dat betekent dat de omstandigheden invloed hebben op de grootte en samenstelling van de groep. Zo werd bij een koppel van 50 Merino-schapen, gehouden in een buitenruimte van 6 km², waargenomen dat de groepsgrootte gedurende de dag varieerde. De dieren vormden de grootste groepen op momenten van rust — midden op de dag en 's nachts — wanneer de voordelen van collectieve bescherming tegen predatie hoog zijn en de concurrentie om voedselbronnen relatief laag. Tijdens actieve foerageerperioden, wanneer het risico op predatie kleiner is, verspreidden de schapen zich over kleinere groepen om te grazen (Della Libera et al., 2023).

Het fission-fusion systeem en sociale organisatie bij geiten

In de ethologie verwijst het begrip *fission-fusion* naar sociale systemen waarin de groepsgrootte en -samenstelling voortdurend veranderen naarmate de tijd verstrijkt en dieren zich door hun omgeving verplaatsen. In dergelijke systemen zijn groepsvorming en -splitsing dynamisch en afhankelijk van omgevingsfactoren zoals voedselbeschikbaarheid, predatierisico en sociale interacties (Mendl & Held, 2001). Dieren kunnen zich bijvoorbeeld tijdelijk opsplitsen in kleinere subgroepen om efficiënter voedsel te zoeken en later weer samenkomen voor sociale binding of bescherming.

Gedetailleerde observaties van verwilderde geiten in Schotland tonen aan dat deze dieren hun groepsgrootte flexibel aanpassen aan veranderende omstandigheden (McDougall, 1975). Tijdens de winter en het vroege voorjaar, wanneer de lammeren geboren worden, leefden geitenmoeders vaak solitair of samen met hun nakomelingen van het vorige seizoen, op ruige, rotsachtige terreinen nabij open heide. Deze locaties fungeerden tevens als toevluchtsoord voor zomergroepen die zich bij verstoring naar dit gebied terugtrokken. Daar bleven zij dicht bijeen en toonden gecoördineerd vluchtgedrag. Vermoedelijk verminderden geiten op deze wijze de voedselcompetitie in tijden van schaarste, terwijl zij tegelijkertijd een veilige omgeving opzochten.

O'Brien (1988) beschrijft een kenmerkend patroon bij verwilderde geiten, waarbij zij overdag in kleine groepjes van twee tot vier dieren foerageren, om 's avonds weer samen te komen op een vaste rustplaats, het zogenaamde 'night camp'. Hoewel dit gedrag niet universeel is, biedt het fission-fusion-systeem geiten zowel de flexibiliteit om zich aan te passen aan hun omgeving als de voordelen van sociale cohesie, wat bijdraagt aan de overlevingskansen van zowel het individu als de groep.

De aard van de sociale organisatie binnen groepen hangt mede af van de groepsgrootte. In kleinere subgroepen is er doorgaans sprake van een stabielere en beter gedefinieerde hiërarchie. Individuen hebben meer gelegenheid voor directe interacties, waardoor sociale verhoudingen op basis van leeftijd, geslacht, grootte of ervaring kunnen worden vastgesteld en onderhouden. Deze stabiele rangorde draagt bij aan het voorkomen van conflicten en verlaagt zo de kosten van groepsleven.

In grotere groepen daarentegen is het onderhouden van een hiërarchie minder haalbaar vanwege het grotere aantal sociale relaties dat onderhouden zou moeten worden. Hier is de hiërarchie vaak diffuser of zelfs afwezig. In zulke gevallen is de groepscohesie eerder gebaseerd op gedragscoördinatie – zoals gelijktijdige verplaatsing – dan op sociale rangorde. Bij migrerende dieren zie je bijvoorbeeld een lossere organisatie waarin synchroon gedrag en een gezamenlijke bestemming centraal staan, zonder dat sprake is van een strikte hiërarchische structuur.

Voor soorten die leven in fission-fusion-systemen, zoals geiten (Zobel et al., 2024), is de groepssamenstelling dan ook een dynamisch kenmerk. Het is om die reden niet mogelijk om een 'optimale' groepsgrootte vast te stellen (Estevez et al., 2007). In een tweejarige studie naar het ruimtegebruik van wilde geiten in West-Australië werd vastgesteld dat groepssamenstellingen zeer flexibel zijn. Individuen voegden zich regelmatig bij groepen of verlieten deze weer, waarbij de samenstelling varieerde in duur en grootte. Zowel kleine groepen (2–5 dieren) als grote groepen (>30 dieren) kwamen gedurende het hele jaar voor (King, 1992). Een vergelijkbare dynamiek werd ook vastgesteld bij verwilderde geiten in Schotland (McDougall, 1975). Shackleton en Shank (1984) documenteerden groepsgroottes variërend van 1 tot wel 150 dieren.

Ook bij gehouden geiten kan het fission-fusion-systeem tot uiting komen, met name wanneer zij in ruime, extensieve systemen worden gehouden. In zulke omstandigheden splitsen geiten zich regelmatig op in subgroepen en komen later weer samen, afhankelijk van onder andere voedselbeschikbaarheid, verstoring, ruimtelijke indeling en sociale voorkeuren. In intensievere veehouderijssystemen komt dit gedrag minder vaak voor, vanwege de beperkte ruimte, meer uniforme omstandigheden en beperktere mogelijkheid tot vrije groepsvorming. Toch laten ook daar geiten soms voorkeuren zien voor specifieke sociale partners, vooral wanneer zij samen zijn opgegroeid. Zulke stabiele relaties leiden tot subgroepen op basis van leeftijd of opgroeiageschiedenis, waarbij leeftijdsgenoten onderling sterkere sociale banden onderhouden.

Samenvattend: het fission-fusion systeem is ook bij gehouden geiten waarneembaar, maar de mate waarin het tot uiting komt, hangt sterk af van de leefomstandigheden, de omvang van de groep en de mate van bewegingsvrijheid. Om agressie binnen groepen te beperken, is het van belang geiten in stabiele groepen te houden en ingrepen zoals hergroepering, introductie van nieuwe dieren of isolatie zoveel mogelijk te vermijden (zie ook Paragraaf 3.2.3 en Paragraaf 3.2.4). Een belangrijke maatregel om agressie verder te verminderen, is het bieden van voldoende ruimte en voldoende voorzieningen, zodat competitie wordt beperkt. Grotere groepen kunnen hierbij gunstig zijn: ze bevorderen sociale tolerantie, bieden meer gelegenheid tot subgroep vorming en vergroten de totale beschikbare ruimte, wat bijdraagt aan het welzijn van de dieren (Andersen et al., 2024).

3.2.2 Verzoening

Uit experimenteel onderzoek blijkt dat geiten in staat zijn tot verzoeningsgedrag na kunstmatig opgewekte sociale conflicten, bijvoorbeeld wanneer voedsel wordt verstrekt in elkaars nabijheid. Dergelijke verzoening uit zich in een toename van sociaal affiliatief gedrag, waaronder neus-tegen-neus- en neus-tegen-lichaamscontact, allogrooming en gezamenlijk rusten. Deze gedragingen gaan gepaard met een afname van overspronggedrag zoals krabben en zelfverzorging bij het betrokken 'slachtoffer'. Dit suggereert dat verzoening bijdraagt aan het verminderen van stress of negatieve opwinding na een conflict (Schino, 1998).

Meer in het algemeen dragen positieve sociale interacties – zoals wederzijdse verzorging, sociaal snuffelen, het likken aan de uierbasis en gezamenlijk rustgedrag – bij aan de bevordering van groepscohesie, de versterking van sociale banden en de reductie van agressie binnen de kudde (Miranda-de la Lama & Mattiello, 2010).

3.2.3 Isolatie

Isolatie leidt bij sociale diersoorten zoals geiten tot verhoogde stressniveaus, wat zich uit in een toename van vocalisaties, snuffelgedrag, rennen en opspringen (Price & Thos, 1980; Carbonaro et al., 1992). Opmerkelijk is dat deze stressresponsen significant afnamen wanneer geïsoleerde geiten zich in de nabijheid van een mens bevonden. Price en Thos (1980) suggereren dat positieve eerdere interacties met mensen (socialisatie) kunnen resulteren in een kalmerend effect van menselijke aanwezigheid tijdens isolatie. Gedeeltelijke isolatie, waarbij geiten auditieve en olfactorische signalen van soortgenoten blijven waarnemen, blijkt minder stressvol dan volledige isolatie. In een studie van Siebert et al. (2011) vertoonden geiten in volledige isolatie minder activiteit en vocalisaties dan gedeeltelijk geïsoleerde dieren, wat erop wijst dat gedeeltelijke isolatie het verlangen naar sociaal contact juist versterkt.

Aanvullend onderzoek van Kannan et al. (2021) toont aan dat het ontbreken van visueel contact met soortgenoten tijdens sociale isolatie leidt tot hogere stressniveaus dan isolatie waarbij dergelijk contact behouden blijft. De hoogste stressniveaus werden gemeten bij geiten die zich in open ruimten bevonden zonder zicht op hun kuddegenoten. Deze stress werd zichtbaar in verhoogde vocalisaties en fysiologische stressindicatoren, waaronder verhoogde concentraties cortisol, epinefrine, glucose en niet-veresterde vetzuren (NEFA). De stressreactie was het meest uitgesproken direct na de start van de isolatie en nam in de loop van de tijd af. Bovendien bleek herhaalde blootstelling aan isolatie de emotionele component van de stressrespons te reduceren. Vanuit praktisch oogpunt wordt aanbevolen om periodes van isolatie tot een minimum te beperken en visueel contact met soortgenoten te behouden om stress bij geiten zoveel mogelijk te reduceren.

3.2.4 (Her)introductie

De introductie van nieuwe geiten in een bestaande kudde, of het weer toevoegen aan de kudde van geiten die tijdelijk zijn afgezonderd, gaat gepaard met een toename van agressief en exploratief gedrag jegens de nieuwkomer, zowel in kleine groepen van zeven dieren (Addison & Baker, 1982) als in grotere groepen van zestig geiten (Alley & Fórdham, 1994). Hoewel het agressieve gedrag doorgaans binnen een dag afneemt, kan het welzijn van de nieuw geïntroduceerde dieren gedurende ten minste vijf dagen negatief worden beïnvloed, zoals blijkt uit verhoogde concentraties cortisolmetabolieten in feces (Patt et al., 2012).

Bij drachtige geiten resulteerde hergroepering eveneens in een toename van agressie, maar er werd geen significante invloed vastgesteld op groeisnelheid, cortisolconcentraties of reproductieve parameters zoals het aantal geboren lammeren (Andersen et al., 2008). Wel werd na een eerste hergroepering een tijdelijke afname van de melkproductie waargenomen. Bij daaropvolgende hergroeperingen bleef dit effect echter uit, wat wijst op het vermogen van geiten om zich aan hergroeperingssituaties aan te passen (Fernández et al., 2007).

In een vervolgstudie onderzochten Patt et al. (2013) het effect van het aantal tegelijkertijd geïntroduceerde nieuwkomers en hun onderlinge bekendheid op het niveau van agonistisch gedrag dat zij ondervonden. De resultaten toonden aan dat de aanwezigheid van onderling bekende soortgenoten leidde tot een afname van het totale aantal agonistische interacties, evenals van het aandeel interacties met fysiek contact gericht tegen de nieuwkomers. Bovendien bleken de cortisolmetabolietconcentraties bij deze geiten lager dan bij individueel geïntroduceerde dieren zonder bekende metgezellen. De aanwezigheid van vertrouwde soortgenoten biedt dus duidelijke voordelen voor het welzijn van nieuwkomers, mogelijk door sociale steun en een verdunningseffect.

De bevindingen maken duidelijk dat individuele geiten bij introductie in een bestaande kudde aanzienlijke stress kunnen ervaren. Om deze stress te beperken, wordt geadviseerd om niet dieren individueel, maar in kleine groepen van elkaar bekende geiten gelijktijdig te introduceren. Daarnaast is het wenselijk om te zorgen voor voldoende ruimte, zodat nieuwkomers zich indien nodig tijdelijk kunnen afzonderen van de groep en herhaalde agressieve confrontaties kunnen vermijden.

3.2.5 Behoeften en ontwerpeisen

Op de vraag 'wat wil de geit?' met betrekking tot sociaal gedrag, kunnen op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten en de criteria voor basis- en facultatieve behoeften (zie Paragraaf 3.1.3) de volgende conclusies worden getrokken.

3.2.5.1 Gedragmatige classificatie van sociaal gedrag bij geiten

Sociaal gedrag is een centraal element in het gedragsrepertoire van geiten en vormt een voorwaarde voor adequaat functioneren in groepsverband. Geiten zijn uitgesproken sociale dieren die onder natuurlijke omstandigheden leven in fission-fusiegroepen met wisselende samenstelling. Binnen deze sociale structuren onderhouden zij langdurige sociale relaties met verwante en bekende soortgenoten, zoals moeder-dochterparen en leeftijdsgenoten. De gedragsbiologische kenmerken van sociaal gedrag wijzen overtuigend in de richting van een basisbehoefte: het gedrag komt universeel voor, wordt grotendeels endogeen gemotiveerd (zoals het gezamenlijk rusten, sociaal snuffelen of zoeken van sociaal contact), en de belemmering ervan leidt aantoonbaar tot negatieve welzijnseffecten. Zowel bij langdurige isolatie als bij plotselinge introductie in een nieuwe groep zijn duidelijke stressreacties waarneembaar, zoals verhoogde vocalisatie, rusteloosheid, vermijdingsgedrag of onderdrukte activiteit. Bovendien is sprake van gedragmatige en fysiologische stressbuffering door de aanwezigheid van vertrouwde soortgenoten, wat het belang van sociale interactie onderstreept. De sociale gedragingen van geiten – inclusief affiliatief gedrag, zoeken van sociaal contact en sociaal herstel na conflict – zijn zelfbelonend, en worden ook uitgevoerd zonder directe externe bekrachtiging.

Naast de behoefte aan sociale interactie beschikken geiten over gedrag dat gericht is op sociale regulatie en conflictoplossing. Uit onderzoek blijkt dat geiten in staat zijn tot verzoeningsgedrag na conflicten, wat gepaard gaat met een afname van fysiologische stress bij het slachtoffer en een toename in affiliatieve interactie. Dit suggereert dat sociaal herstel, los van functionele oordelen, als zodanig van intrinsieke waarde is voor het individu, en dat sociale stabiliteit bijdraagt aan emotioneel evenwicht. Het vermogen tot sociaal herstel moet in dat licht eveneens worden beschouwd als onderdeel van de basisbehoefte aan sociaal gedrag.

Een specifiek aandachtspunt binnen het sociale domein vormt het proces van introductie in nieuwe groepen.

Hoewel het vermogen tot aanpassing en integratie binnen fission-fusiegroepen duidt op sociale flexibiliteit, blijkt uit meerdere studies dat individuele introductie in een bestaande groep gepaard gaat met verhoogde agressie, verstoring van gedragspatronen en verhoogde stresswaarden. Het proces van hergroepering raakt daarmee direct aan de vervulling van de sociale basisbehoeften, en vereist zorgvuldig management.

Niet alle sociale gedragingen zijn echter even welzijnsbepalend. Gedrag dat gericht is op keuze van interactiepartner, het vormen van stabiele voorkeursrelaties of het gelijktijdig uitvoeren van gedrag (gedragssynchronisatie) komt frequent voor, is doelgericht, en lijkt het dier te belonen met sociaal evenwicht of rust. Er is echter geen bewijs dat de afwezigheid van deze gedragingen structurele schade veroorzaakt of leidt tot verhoogde stress. Synchronisatiegedrag wordt bovendien gemakkelijk opgegeven bij ruimtelijke beperkingen of conflictsituaties, zonder waarneembare welzijnsimpact. Dergelijke gedragingen voldoen aan de kenmerken van facultatieve gedragsbehoeften: zij versterken de sociale cohesie en kunnen het functioneren van de groep ondersteunen, maar zijn geen vereiste voor individueel welzijn of gezondheid.

Samenvattend behoren sociale interactie, zoeken van sociaal contact en sociale regulatie tot de basisbehoeften van geiten, essentieel voor welzijn, gezondheid en gedragsmatig functioneren. Gedragingen gericht op partnerkeuze, voorkeursrelaties en gedragssynchronisatie kunnen worden beschouwd als facultatieve gedragsbehoeften, die de kwaliteit van het sociale leven ondersteunen, maar waarvan de afwezigheid niet automatisch leidt tot welzijnsschade.

3.2.5.2 Ontwerpeisen

Om deze gedragsbehoeften te kunnen vervullen, stellen geiten met betrekking tot sociaal gedrag de volgende eisen aan het ontwerp van een dierwaardige melkgeitenhouderij.

Stabiele groepssamenstelling: Vermijd onnodige hergroeperingen of individuele introducties. Houd groepen zo stabiel mogelijk om agressie en chronische stress te beperken, en maak bij samenstelling gebruik van sociale substructuren, zoals leeftijdsgenoten of opgroeiageschiedenis.

Geén sociale isolatie: Isolatie van soortgenoten dient tot een minimum beperkt te worden. Als isolatie onvermijdelijk is (bijvoorbeeld om gezondheidsredenen), moet visueel, auditief en indien mogelijk tactiel contact met soortgenoten behouden blijven.

Gegroepeerde introducties: Introduceer bij voorkeur meerdere onderling bekende dieren tegelijk in een nieuwe groep, in plaats van individuele dieren. Dit vermindert de agressie richting nieuwkomers en verkleint de fysiologische stressrespons. Sociale steun en het 'verdunningseffect' spelen hierin een cruciale rol.

Voldoende mogelijkheden voor sociale interacties en vermijding: Zorg voor een inrichting die zowel positieve sociale interactie als het vermijden van conflict mogelijk maakt. Geiten moeten de ruimte hebben om onderling afstand te nemen en sociale spanningen uit de weg te gaan.

Ondersteuning van affiliatief gedrag: Ontwerp huisvesting zodanig dat geiten de mogelijkheid hebben tot gezamenlijk rusten, sociaal snuffelen en allogrooming. Dit bevordert groepscohesie en draagt bij aan een positieve sociaal-emotionele toestand.

3.3 Rustgedrag

Rusten vormt een belangrijk onderdeel van het dagelijkse gedrag van geiten (*Capra hircus*), zowel onder natuurlijke als gehouden omstandigheden. Askins en Turner (1972) stelden vast dat Angorageiten onder extensieve omstandigheden in Texas gemiddeld 46% van hun tijd rustend doorbrachten. Op het Schotse eiland Rum observeerden Shi et al. (2003) verwilderde geiten (n=103 in 1981 en n=189 in 2000) gedurende daglichturen via scan sampling met een interval van 10 minuten. In de zomer werd geobserveerd van 6.00 tot 20.00 uur, en in de winter van 7.00 tot 17.00 uur. De dieren besteedden gemiddeld meer dan 55% van de waarnemingstijd aan foerageren en meer dan 20% aan rustgedrag. Hoewel de geiten 's nachts niet geobserveerd werden, is het aannemelijk dat zij gedurende die periode grotendeels rustten (bijvoorbeeld 80%), waarmee de totale dagelijkse rustduur vermoedelijk uitkwam op ongeveer de helft van het etmaal.

Rusttijd bleek bovendien flexibel en beïnvloedbaar door seizoensgebonden variatie in voedselaanbod. In de winter, wanneer de beschikbaarheid en kwaliteit van voedsel lager waren, besteedden de geiten tot 81% van de dag aan foerageren, wat ten koste ging van rustgedrag. Ook bij sneeuwgeiten (*Oreamnos americanus*) in de Rocky Mountains werd vastgesteld dat individuele factoren zoals lactatiestatus en rangorde invloed hadden op de balans tussen rust en foerageren: lacterende en ranglage dieren rustten minder (Hamel & Côté, 2008). Deze bevindingen ondersteunen dat rustgedrag niet alleen intern gemotiveerd is, maar ook wordt aangepast aan externe omstandigheden die de energiehuishouding beïnvloeden.

Voor gehouden melkgeiten zijn vergelijkbare observaties gedaan. Geiten in groepen neigen sterk tot gedragssynchronisatie: zij voeren doorgaans dezelfde gedragingen gelijktijdig uit, waaronder rusten, herkauwen en foerageren. Naarmate de stalruimte toeneemt blijken geiten meer geneigd tot gelijktijdig liggen, wat suggereert dat voldoende fysieke ruimte een voorwaarde is voor collectief rustgedrag.

Hoewel het rustgedrag van geiten veelvuldig is beschreven, ontbreekt empirisch onderzoek naar hun specifieke motivatie om te rusten of naar drempelwaarden voor minimale rustduur. Andersen & Bøe (2007) wijzen op dit kennishiaat en benadrukken het belang van experimentele studies naar de gedragsregulatie van rust.

3.3.1 Ligruimte en ruimtelijke spreiding

Het gedrag van geiten tijdens rusten blijkt in hoge mate beïnvloed te worden door de hoeveelheid beschikbare ligruimte. Omdat ruimte zich in de praktijk direct vertaalt in huisvestingskosten, gaan we in deze paragraaf wat gedetailleerder in op het betreffende onderzoek. Verschillende experimentele studies hebben aangetoond dat geiten aanzienlijk minder tijd liggend doorbrengen wanneer de ruimte per dier wordt beperkt, en dat ook de synchronisatie van rustgedrag en de onderlinge afstand tussen dieren onder druk komen te staan bij ruimtelijke beperkingen.

Loretz et al. (2004) onderzochten dit effect in een experiment met acht groepen van elk tien hoogdrachtige melkgeiten, waarbij de beschikbare vloeroppervlakte per dier stapsgewijs werd verlaagd van 2,0 naar 1,5 en vervolgens naar 1,0 m² per geit. Gedrag werd met behulp van time-lapse camera's vanaf de vierde dag na elke ruimtelijke aanpassing geregistreerd, gedurende telkens drie aaneengesloten dagen. Per etmaal werd 16 uur geobserveerd via scan sampling met intervallen van vijf minuten (liggen/staan) en twintig minuten (positie in de ruimte). Het percentage liggedrag per 16 uur daalde bij afnemende ruimte voor zowel gehoornde als onthoornde dieren: van respectievelijk 72,5% en 76,2% (2,0 m²), naar 79,6% en 74,5% (1,5 m²), en tot 66,8% en 70,5% (1,0 m²). De grootste afname in ligtijd trad op bij de reductie van 1,5 naar 1,0 m² per dier en bedroeg gemiddeld 123 minuten (gehoornde geiten) en 38 minuten (onthoornde geiten) per 16 uur. De aanwezigheid van hoorns had geen effect op het al dan niet gezamenlijk liggen of op het niveau van onderlinge agressie. De auteurs benadrukten dat voorzichtigheid geboden is bij extrapolatie naar de praktijk, aangezien het experiment plaatsvond met relatief kleine, homogene groepen van hoogdrachtige dieren.

In een onderzoek van Andersen en Bøe (2007) kregen zes groepen van vier droogstaande, onthoornde Noorse melkgeiten gedurende telkens één week afwisselend een ligruimte van 1,0 m², 0,75 m² of 0,5 m² per dier aangeboden binnen een hok van 2 × 3 meter (1,5 m²/dier totaal). De ondergrond van de ligruimte was dicht en met zaagsel bedekt; de rest van het hok was door houten balken onaantrekkelijk gemaakt om op te liggen. Gedrag werd geregistreerd via time-lapse video, waarbij in het laatste etmaal van iedere week scan sampling (10-minutenintervallen) werd toegepast. De ligfrequentie daalde significant met afnemende ruimte: respectievelijk 66,1%, 64,1% en 61,2% van de observaties toonden liggedrag ($P < 0,01$). Tevens nam het aandeel waarnemingen waarin alle dieren gelijktijdig lagen drastisch af van 21,1% (1,0 m²) naar 8,5% (0,75 m²) en tot slechts 4,2% (0,5 m²) ($P < 0,001$). Ook werd vastgesteld dat geiten in kleinere ruimtes vaker lagen op de onaantrekkelijke delen van de vloer (toename van 4,2% naar 15,8%), dat ze minder vaak tegen een wand lagen (daling van 82,3% naar 67,9%) en dat met name ranglage dieren hiervan de nadelen ondervonden. De hoogte van de ligruimte (vloer of verhoogd plateau) had geen significante invloed op de totale ligtijd, hoewel verhoogde niveaus mogelijk voordelen boden voor ranglage dieren.

De voorkeur van geiten voor enige onderlinge afstand tijdens het rusten is in meerdere studies bevestigd. De gemiddelde afstand tussen liggende geiten werd geschat op circa 0,8 meter (Andersen & Bøe, 2007; Ehrlenbruch et al., 2010a; Loretz et al., 2004). Deze afstand bleef opvallend constant, ongeacht verschillen in temperatuur of aanwezigheid van hoorns. Ook fysiek contact met soortgenoten werd in beperkte mate waargenomen: slechts in 6% (Andersen & Bøe, 2007), 10,9% (Ehrlenbruch et al., 2010a) en 20,3% (Celozzi et al., 2021) van de waarnemingen lagen geiten tegen elkaar aan; bij minder dan 1% betrof dit contact tussen meer dan twee dieren.

Uit gedragsmetingen in de praktijk blijkt eveneens dat voldoende ruimte positief correleert met rustgedrag. Maurmann en Bernau (2023) registreerden bij 20 melkgevend Duitse Edelgeiten, gehuisvest in een potstal met circa 1,8 m² per dier, lichtijden van gemiddeld 10,7 tot 12,5 uur per etmaal (45–52%), met een duidelijke circadiane piek tijdens de nachtelijke periode. Ook in het Nederlandse pilotonderzoek (Hoofdstuk 4), uitgevoerd bij droogstaande melkgeiten, bedroeg de gemiddelde lichtijd 64,2% van het etmaal. Beide datasets bevestigden dat rustgedrag zich, bij voldoende ruimte, manifesteert in een stabiel circadiaan patroon.

Tenslotte wijzen meerdere auteurs erop dat richtlijnen over minimaal benodigde ligruimte in veel gevallen slecht experimenteel of normatief onderbouwd zijn. Hoewel diverse nationale en internationale richtlijnen een minimum van 1,5 m² per volwassen geit hanteren (o.a. EG 1844/1999³⁵; Menzies et al., 2020; NFACC, 2022; Red Tractor, 2025), blijkt uit praktijkwaarnemingen en gedragsstudies dat meer ruimte – bijvoorbeeld 2,0 m² zoals aanbevolen door Van Staaveren (2012) – gewenst kan zijn om individuele spreiding en gelijktijdig rusten te bevorderen. Vas et al. (2013) stelden bij drachtige Noorse melkgeiten een toename van agonistisch gedrag vast bij lagere ruimtebeschikbaarheid (1,0 m²), zonder dat dit gepaard ging met verhoogde plasmacortisolconcentraties of verminderde productie. Opvallend was echter dat Chojnacki et al. (2014) vonden dat nakomelingen van geiten die tijdens de dracht over minder ruimte beschikten, later in hun leven meer angstgedrag vertoonden tijdens isolatietesten. Deze bevinding wijst op mogelijke prenatale stressinvloeden als gevolg van ruimtelijke beperkingen.

3.3.2 Inrichting: voorkeur voor wanden en hoogteverschillen

Naast de hoeveelheid beschikbare ligruimte speelt ook de inrichting van de rustomgeving een belangrijke rol in het gedrag en welzijn van geiten. In het bijzonder blijken geiten een uitgesproken voorkeur te hebben voor het rusten tegen verticale structuren zoals wanden, muren of hekwerk. Deze voorkeur werd onder meer vastgesteld door Andersen en Bøe (2007), die in een experiment met 24 gehoornde Noorse melkgeiten observeerden dat 68% van de dieren in een beperkte ruimte (0,5 m² per geit) tegen een wand lag, tegenover 82% in een ruime ligomgeving (1,0 m² per geit). Deze ligvoorkeur nam dus toe naarmate de individuele ruimte vergroot werd.

Een vergelijkbaar patroon werd gevonden door Ehrlenbruch et al. (2010a), die in een studie naar de invloed van extra wanden op het rustgedrag rapporteerden dat geiten in een opstelling met extra wanden in 72% van de waarnemingen tegen een wand lagen, terwijl dit percentage daalde tot 20% in de situatie zonder beschikbare extra wanden. Ondanks deze duidelijke voorkeur hadden extra wanden geen meetbaar effect op de totale lichtijd of de mate van gedragssynchronisatie. De auteurs concludeerden dat het rusten tegen een wand vermoedelijk veiligheid en overzicht biedt, wat de aantrekkelijkheid van dergelijke plekken vergroot. Vanuit evolutionair perspectief zou dit gedrag verklaard kunnen worden door de behoefte aan een beschermde positie in een open ruimte, met vrij zicht op de omgeving en potentiële dreigingen.

Een tweede aspect van inrichting betreft de verticale indeling van de rustruimte. Zowel Andersen en Bøe (2007) als Aschwanden et al. (2009a) onderzochten het effect van verhoogde ligplaatsen, georganiseerd op één of twee niveaus, op rustgedrag en sociale interacties. In beide studies bleek dat de aanwezigheid van verhoogde platforms leidde tot minder onderbrekingen van rustperiodes door agressieve interacties of fysieke verplaatsingen. Gehoornde geiten profiteerden specifiek van platforms met een hoogte van circa 80 cm, die bijdroegen aan sociale spreiding binnen de groep. Hogere plateaus van 125 cm werden eveneens benut, maar vooral door dominante dieren.

³⁵ Verordening - 1804/1999 - EN - EUR-Lex (geraadpleegd september 2025).

Deze bevindingen worden bevestigd in het Nederlandse pilotonderzoek (Hoofdstuk 4), waarin gehoornde, droogstaande melkgeiten toegang hadden tot verhoogde ligplatforms op twee niveaus. De dieren gebruikten deze structuren gemiddeld circa 40% van het etmaal voor klimmen, liggen of staan/lopen. Dit gebruiksperscentage lag aanzienlijk hoger dan in eerdere studies, zoals gerapporteerd door Zobel et al. (2017). De mate van gebruik varieerde echter sterk tussen waarnemingsdagen, wat suggereert dat zowel sociale (rangorde) als fysieke (temperatuur, ondergrond) factoren invloed uitoefenen op het ruimtelijke keuzegedrag van geiten. Opmerkelijk is dat de aanwezigheid van verhoogde ligplekken in deze studie wel de locatie, maar niet de totale rustduur of het circadiane ligpatroon beïnvloedde, wat in lijn is met de eerdere bevindingen van Andersen en Bøe (2007).

Hoewel het aanbieden van verhoogde structuren en klimgelegenheden vaak wordt aanbevolen in het kader van natuurlijk gedrag en welzijn, is de wetenschappelijke onderbouwing voor het belang ervan voor de geit nog beperkt. Bracke et al. (2011) en Ruis et al. (2010) wijzen erop dat er geen empirisch bewijs bestaat dat het ontbreken van dergelijke mogelijkheden leidt tot negatieve welzijnseffecten. Bovendien bestaat het risico dat verhoogde structuren worden gemonopoliseerd door dominante dieren, waardoor ranglage geiten minder toegang hebben tot aantrekkelijke ligplekken. Om dit te voorkomen is het van belang om voldoende alternatieve structuren aan te bieden, zodat alle dieren gelijke toegang hebben tot beschutte, veilige rustplaatsen.

Samenvattend blijkt uit de literatuur dat inrichtingselementen zoals wanden en verhoogde platforms het rustgedrag van geiten positief kunnen beïnvloeden, mits deze in voldoende mate beschikbaar zijn en afgestemd zijn op de groepsgrootte en sociale dynamiek binnen de koppel.

3.3.3 Ondergrondvoorkeur

Geiten blijken in staat tot het maken van duidelijke keuzes wat betreft de ondergrond waarop zij rusten, maar de voorkeuren zijn, tussen studies onderling en soms ook binnen studies, niet eenduidig en lijken beïnvloed te worden door meerdere factoren, waaronder temperatuur, bevuilingsgraad, gewenning en fysieke eigenschappen van het oppervlak zoals isolatie en comfort.

Bøe et al. (2007) onderzochten in een keuze-experiment met negen droogstaande, drachtige melkgeiten (gemiddeld $57,2 \pm 8,3$ kg) welke ondergrond de dieren prefereerden bij omgevingstemperaturen tussen -12°C en $+12^{\circ}\text{C}$. Gedurende deze studie bleken de geiten geen voorkeur te hebben voor een strobed. In plaats daarvan rustten zij liever op metalen roosters, op houten vloeren (bij $+10$ tot $+12^{\circ}\text{C}$), of bij lagere temperaturen op houten vloeren of rubbermatten. De auteurs suggereren dat de voorkeur voor hout of rubber bij koude omstandigheden mogelijk verband houdt met de hogere isolerende werking van deze materialen. Tegelijkertijd wordt erop gewezen dat het gebrek aan voorkeur voor stro mogelijk mede verklaard kan worden doordat de dieren voorafgaand aan het onderzoek enkel op roosters hadden gelegen en daaraan gewend waren geraakt.

Een vergelijkbare voorkeur voor harde, maar relatief comfortabele ondergronden werd vastgesteld in Nieuw-Zeelands onderzoek van Sutherland et al. (2016; 2017), uitgevoerd met jonge Saanengeiten van respectievelijk zes en acht maanden oud. In beide studies gaven de dieren de voorkeur aan rubbermatten boven kunststof of metalen roosters en boven zaagsel of houtkrullen. Opmerkelijk was de constatering dat geiten wel vaker op houtkrullen urineerden, maar er zelden op rustten. De auteurs interpreteren dit gedrag als een indicatie dat geiten de voorkeur geven aan een absorberende ondergrond voor urineren (ter voorkoming van opspattende urine), terwijl ze vermijden om te liggen op met urine of mest bevuilde oppervlakken. Dit zou erop kunnen wijzen dat hygiëne en de droogheid van de ondergrond een belangrijke rol spelen bij de keuze voor ligplaatsen.

Daartegenover staan bevindingen van Tölü en Savaş (2019), die bij driejarige Saanengeiten in winterse omstandigheden een duidelijke voorkeur voor stro vaststelden, gevolgd door rubbermatten en massief hout. Lattenbodems bleken het minst aantrekkelijk. Ook Mayer et al. (2006) rapporteerden een sterke voorkeur voor stro in een experiment met ligplateaus op drie niveaus, waarbij het gebruik van het hoogste niveau toenam naarmate de dieren meer gewend raakten aan het systeem.

De geiten in deze studie waren gewend aan huisvesting in een potstal met stro, wat de voorkeur mogelijk beïnvloedde. De auteurs merken op dat gewenning aan het ondergrondtype mogelijk van doorslaggevende invloed was op de waargenomen voorkeuren.

Gezien de uiteenlopende resultaten concluderen meerdere auteurs dat de keuze voor een bepaalde ligondergrond bij geiten vermoedelijk niet wordt bepaald door één dominante factor, maar voortkomt uit een combinatie van kenmerken van het oppervlak (zoals zachtheid, vochtopname, temperatuur en bevuilingsgraad) en individuele of contextuele factoren (zoals leeftijd, ervaring, fysiologische toestand en groepsdynamiek). Ondanks deze variatie kan worden gesteld dat rubbermatten in meerdere studies consistent de voorkeur hebben, terwijl voorkeur voor stro afhankelijk lijkt van de mate van vertrouwdheid en hygiënische omstandigheden.

De afwezigheid van uniforme voorkeuren en de invloed van gewenning benadrukken het belang van praktijkonderzoek dat de functionele eigenschappen van ondergronden (thermisch comfort, hygiëne, slipweerstand) relateert aan het feitelijk gebruik, en aan welzijn en gezondheid van de dieren. Tot dusver ontbreekt dergelijk systematisch onderzoek grotendeels in de literatuur.

3.3.4 Ruimte voor beweging

Naast liggen en rusten vormt ook bewegen een integraal onderdeel van het dagelijkse gedragsrepertoire van geiten. In natuurlijke en semi-natuurlijke omstandigheden blijken geiten aanzienlijk veel tijd staand of lopend door te brengen, mede afhankelijk van het voedselaanbod, de omvang van het leefgebied en de mate van predatiedruk. Vrouwelijke geiten in het wild bestrijken gemiddeld een leefgebied van 15,4 km², met uitschieters tot 68,5 km²; bokken kunnen gebieden gebruiken tot wel 246,5 km² (King, 1992; Holt & Pickles, 1996). De dagelijkse afstanden die zij afleggen variëren sterk, afhankelijk van de omgeving. Askins en Turner (1972) registreerden bij vier Angorageiten in West-Texas een gemiddelde tijd besteed aan lopen van 12,2% van het etmaal, overeenkomend met 4,5 km per dag. Lachica et al. (1999) rapporteerden bij een kudde van 350 vrij bewegende geiten in Spanje afstanden van gemiddeld 8 km per dag in de herfst tot 13 km per dag in de zomer. In die omstandigheden werd tot 42% van de dag besteed aan lopen, met name in het kader van foerageren bij verspreide voedsellocaties.

Hoewel deze gegevens suggereren dat geiten van nature veel lopen, is het onduidelijk in hoeverre dit voortkomt uit een intrinsieke behoefte aan beweging, uit functioneel foerageergedrag of uit een combinatie van beide.

Om de invloed van beschikbare vloeroppervlakte op beweging te onderzoeken, voerden Vas en Andersen (2015) een studie uit met Noorse melkgeiten, waarbij zij gedurende drie dagen gedrag observeerden bij groepen met respectievelijk 1,0 m² en 3,0 m² per geit. De waarnemingen vonden driemaal per dag plaats gedurende telkens 1,5 uur, verspreid over ochtend- en middagvoeding en de daaropvolgende rustperiode. Tijdens deze observaties bleken de geiten bij 3,0 m² per dier een tweemaal grotere afstand af te leggen dan bij 1,0 m², wat erop wijst dat ruimere huisvesting het spontane bewegingsgedrag faciliteert.

In een Nederlands pilotonderzoek (Hoofdstuk 4) werd bij droogstaande melkgeiten vastgesteld dat de dieren gemiddeld ruim een derde van het etmaal (meer dan acht uur per 24 uur) staand of lopend doorbrachten. In deze studie werd geen onderscheid gemaakt tussen actief lopen en stilstaan, maar de resultaten wijzen er wel op dat geiten onder gehouden omstandigheden een substantieel deel van de tijd buiten rusttoestand doorbrengen. Vergelijkbare resultaten werden gevonden in een studie van Maurmann en Bernau (2023), waarin met behulp van versnellingsmeters het gedrag van 20 melkgevende Duitse Edelgeiten werd gemeten. De ligtijd varieerde per maand tussen gemiddeld 10,7 ± 1,45 uur en 12,5 ± 1,07 uur per etmaal, hetgeen impliceert dat de dieren gedurende 39–67% van het etmaal actief stonden of liepen. Daarbij bleek een duidelijke circadiane variatie: 's nachts lagen de geiten langer en vaker aaneengesloten (ligbouts van 40–55 minuten), terwijl overdag de rustmomenten korter waren en frequenter werden afgewisseld.

Hoewel geiten ook onder gehouden omstandigheden spontaan bewegingsgedrag vertonen, is het aannemelijk dat fysieke ruimte en inrichting van de leefomgeving dit gedrag in belangrijke mate beïnvloeden.

Bewegingsvrijheid is niet alleen van belang voor de uitvoering van foerageergedrag en sociale interacties, maar kan ook bijdragen aan spierconditie, thermoregulatie en mentale stimulatie. Dit onderstreept het belang van voldoende vrije ruimte en van een stalontwerp dat beweging stimuleert, met name in systemen waar geiten langdurig binnen worden gehouden.

3.3.5 Behoeften en ontwerpeisen

Op de vraag 'wat wil de geit?' met betrekking tot rustgedrag, kunnen op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten en de criteria voor basis- en facultatieve behoeften (zie Paragraaf 3.1.3) de volgende conclusies worden getrokken.

3.3.5.1 Gedragmatige classificatie van rustgedrag van geiten

Op basis van de vijf gedragsbiologische criteria voor basisbehoeften kan rustgedrag bij geiten in meerdere opzichten worden gekarakteriseerd als een essentiële gedragsbehoefte. Liggen en rusten, al dan niet in combinatie met herkauwen, komt universeel voor bij geiten van alle leeftijden en geslachten, en wordt gestuurd door een duidelijk circadiaan ritme. Dit ritme is echter niet uitsluitend endogeen bepaald: het rustgedrag van geiten wordt beïnvloed door zogenoemde 'Zeitgeber', zoals licht-donker-cycli, voer- en melktijden en andere omgevingsprikkels, die de interne klok van geiten synchroniseren en zo het dagelijkse patroon van activiteit en rust reguleren. Wanneer geiten worden belemmerd in hun mogelijkheid tot rusten — bijvoorbeeld door beperkte ruimte, onaantrekkelijke ondergrond of sociale verstoring — ontstaan duidelijke negatieve effecten zoals verhoogde activiteit, verminderde herkauwfrequentie en toename van stressgerelateerd gedrag. Er is bovendien sprake van een reboundeffect: geiten vertonen een verhoogde neiging tot rusten wanneer zij daarvoor opnieuw de gelegenheid krijgen, bijvoorbeeld na ruimtelijke uitbreiding of verbetering van de ondergrond. Rustgedrag is tevens zelfbelonend: dieren zoeken actief naar rustplekken en blijven langdurig liggen, ook wanneer hier geen externe beloning aan gekoppeld is. Op basis hiervan moet rusten, inclusief de bijbehorende gedragingen zoals herkauwen in rusthouding, worden aangemerkt als een basisbehoefte.

Naast de duur en frequentie van rusten speelt ook de kwaliteit van rustgedrag een belangrijke rol in het welzijn van geiten. Hierbij zijn drie elementen van belang: de eigenschappen van de ondergrond, de voorkeur van de geit voor een specifieke locatie, en het gelijktijdig uitvoeren van rustgedrag binnen de groep (gedragssynchronisatie).

De eigenschappen van de ondergrond blijken voor geiten van wezenlijk belang. Geiten maken systematisch onderscheid tussen verschillende ondergronden op basis van comfort, temperatuur, hygiëne en de ervaring die zij met de ondergrond hebben. Wanneer alleen onaantrekkelijke of natte ligplekken beschikbaar zijn, wordt rustgedrag aanzienlijk beperkt. Dit gaat gepaard met verhoogde sta-activiteit en verminderde herkauwfrequentie, en kan op termijn leiden tot fysieke klachten (zoals vervuiling van uier of huid). De beschikbaarheid van een ondergrond met de juiste eigenschappen is daarmee een belangrijke voorwaarde voor het adequaat kunnen uitvoeren van rustgedrag en moet worden aangemerkt als onderdeel van een basisbehoefte.

De voorkeur voor specifieke ligplekken — zoals rusten tegen een wand of op een verhoogd plateau — is daarentegen minder universeel en meer contextafhankelijk. Geiten kiezen weliswaar actief voor beschutte of verhoogde rustplaatsen wanneer deze beschikbaar zijn, en maken er doelgericht gebruik van, maar het ontbreken ervan leidt doorgaans niet tot directe welzijnsschade. Dergelijke gedragskeuzes voldoen aan de kenmerken van een facultatieve gedragsbehoefte: zij komen frequent voor, zijn intrinsiek gemotiveerd, en lijken het dier te belonen met comfort, veiligheid of sociaal evenwicht.

Ook het gelijktijdig uitvoeren van rustgedrag (gedragssynchronisatie) kan worden beschouwd als een facultatieve gedragsbehoefte. Geiten hebben een natuurlijke neiging tot gedragsmatige afstemming in groepen, en rusten vaker gelijktijdig wanneer er voldoende ruimte is. Er zijn echter geen aanwijzingen dat het ontbreken van synchronisatie leidt tot welzijnsschade of stress, en geiten geven deze gedragsvorm relatief gemakkelijk op bij ruimtelijke beperkingen of sociale druk. De aanwezigheid van synchronisatie kan dus bijdragen aan de kwaliteit van rustgedrag, maar vormt geen noodzakelijke voorwaarde voor welzijn.

Samenvattend behoort rustgedrag — inclusief liggen, herkauwen en de keuze voor een geschikte ondergrond — tot de basisbehoeften van geiten. Het gebruik van beschutte of verhoogde ligplekken, evenals gedragssynchronisatie, vervult een facultatieve gedragsbehoefte: deze gedragingen dragen aantoonbaar bij aan comfort en groepsrust, maar zijn geen essentiële voorwaarde voor gezondheid of functioneren.

3.3.5.2 Ontwerpeisen

Om deze gedragsbehoefte adequaat te ondersteunen, stellen geiten met betrekking tot rustgedrag de volgende eisen aan het ontwerp van een dierwaardige huisvesting:

Voldoende ligruimte voor gelijktijdig rusten: De inrichting dient voldoende ligplaatsen te bieden zodat alle dieren gelijktijdig kunnen liggen zonder competitie. Een vloeroppervlak van minstens 1,5 m² per volwassen geit wordt aanbevolen om individuele spreiding en synchronisatie van rustgedrag te faciliteren.

Comfortabele, droge en hygiënische ondergrond: Ligplaatsen moeten droog, schoon en comfortabel zijn, met materialen die thermisch isoleren en urine absorberen. Rubbermatten of droog stro worden bij voorkeur gebruikt, afhankelijk van temperatuur, gewenning en stalmanagement.

Beschutte rustplekken tegen wanden of structuren: Geiten verkiezen ligplaatsen tegen verticale elementen die bescherming en overzicht bieden. De stal moet voldoende wandruimte of gelijkwaardige structuren bevatten om aan deze voorkeur te voldoen.

Toegang tot verhoogde ligplaatsen: Verhoogde platforms kunnen bijdragen aan sociale spreiding en voorkeursgedrag. Deze moeten goed toegankelijk zijn voor alle rangposities, en in voldoende oppervlakte worden aangeboden om monopoliserend gebruik te voorkomen.

Ruimtelijke spreiding en keuzemogelijkheden: Geiten hechten waarde aan keuzevrijheid en een zekere onderlinge afstand tijdens rust. Ligplaatsen dienen daarom verspreid over de ruimte aangeboden te worden en voldoende afscheiding te bieden tegen verstoring door soortgenoten.

3.4 Zelfverzorgingsgedrag

3.4.1 Vachtverzorging

Zelfverzorging, en in het bijzonder vachtverzorging (grooming), vormt een belangrijk onderdeel van het natuurlijke gedragsrepertoire van geiten (*Capra hircus*). Dit gedrag draagt bij aan het verwijderen van ectoparasieten, vuil en losse haren, en ondersteunt daarmee de huidgezondheid en het algemeen welzijn (Mooring et al., 1998; Hart & Pryor, 2004;). Geiten maken hiervoor schrapende bewegingen in de vacht met de onderste incisie- en hoektanden, gericht op vrijwel alle lichaamsdelen behalve de kop en nek. Aanvullend gebruiken zij een achterpoot om te krabben, met name gericht op de nek, schouder, voorpoten, buik en flank (Mooring et al., 1998; Kakuma et al., 2003).

Het belang van vachtverzorging wordt onderstreept door het feit dat geiten die worden belemmerd in hun verzorgingsgedrag een significant hogere parasitaire belasting hebben. Zo rapporteerde Koch (1988) dat beperking van verzorgingsmogelijkheden samenhangt met een verhoogd aantal teken. Uiteraard geldt het tekenrisico uitsluitend voor geiten die leven in natuurlijke of seminatuurlijke omgevingen met ondergroei.

Onderzoek wijst erop dat grooming grotendeels wordt aangestuurd door interne, endogene factoren. Hart en Pryor (2004) toonden aan dat geitenlammeren vanaf twee weken oud aanzienlijk vaker vachtverzorgingsgedrag vertonen dan volwassen dieren. Deze verhoogde frequentie verdwijnt wanneer de verhouding tussen huidoppervlak en lichaamsmassa afneemt tot het niveau van volwassen dieren. Volgens de auteurs weerspiegelt dit gedrag een adaptieve respons bij jonge dieren, die vanwege hun relatief grote huidoppervlak en lage bloedvolume kwetsbaarder zijn voor bloedverlies als gevolg van ectoparasitaire besmetting.

3.4.2 Borstels

Geiten maken daarnaast gebruik van objecten in hun omgeving om verzorgingsgedrag uit te voeren, zoals het schuren van het lichaam of de kop tegen wanden of andere structuren. Het aanbieden van borstels in stallen of buitenruimtes kan dit gedrag ondersteunen. In een studie van Botreau et al. (2023) kregen vijftig melkgevendende geiten toegang tot vier verschillende borstels: een vaste borstel, twee roterende borstels (Mini en Midi) en een automatisch roterende borstel. Alle typen werden gebruikt, maar in wisselende mate en voor verschillende doeleinden.

De automatisch roterende borstel werd vrijwel uitsluitend ingezet voor vachtverzorging (91% van de waarnemingen), terwijl de andere drie borstels ook werden gebruikt voor orale manipulaties zoals bijten en knabbelen. Dit wijst op complementaire functies van verschillende borstels binnen een verrijkte leefomgeving.

Het gebruik van borstels kent echter enkele aandachtspunten. Dominante dieren kunnen borstels monopoliseren, waardoor ranglagere dieren minder toegang krijgen. Tevens is aandacht nodig voor hygiënemaatregelen, om besmetting met huidparasieten of schimmels via intensief contact met gedeelde borstels te beperken. Een automatisch draaiende borstel of een systeem met een bewegingssensor kan het risico op molest beperken en draagt zo bij aan een langere levensduur.

3.4.3 Hoorns

Hoewel hoorns primair worden gebruikt voor agonistische interacties, zoals dreigen en stoten, blijken geiten deze ook in te zetten voor zelfverzorging. Ze gebruiken hun hoorns bijvoorbeeld om over hun flanken of rug te schuren, met als doel jeuk te verlichten, losse haren te verwijderen of ectoparasieten kwijt te raken. Dit gedrag is minder frequent en beperkter in reikwijdte dan krabben met de achterpoten of schuren tegen objecten, maar kan toch bijdragen aan het onderhoud van lichaamsdelen die anders moeilijk bereikbaar zijn.

3.4.4 Behoeften en ontwerpeisen

Op de vraag 'wat wil de geit?' met betrekking tot zelfverzorgingsgedrag, kan op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten en de criteria voor basis- en facultatieve behoeften (zie Paragraaf 3.1.3) de volgende analyse worden uitgevoerd.

3.4.4.1 Gedragmatige classificatie van zelfverzorgingsgedrag

Zelfverzorgingsgedrag, en in het bijzonder vachtverzorging (grooming), is een herkenbaar en consistent onderdeel van het natuurlijke gedragsrepertoire van geiten. Het omvat onder meer het bijten of schrapen van de vacht met de ondertanden, krabben met een achterpoot en – bij gehoornde dieren – schuren met de hoorns langs flanken of rug. Dit gedrag komt bij alle geiten voor, ongeacht leeftijd, geslacht of huisvestingsconditie, en wordt grotendeels endogeen gemotiveerd: geiten vertonen zelfverzorgingsgedrag ook in afwezigheid van zichtbare prikkels of parasieten. Wanneer dit gedrag langdurig verhinderd wordt, zoals bij beperkte bewegingsvrijheid of een ongunstige omgeving, is sprake van een verhoogde parasitaire belasting en mogelijk verminderde huidconditie, wat duidt op negatieve welzijnseffecten. Hoewel reboundeffecten (verhoogde motivatie bij hernieuwde mogelijkheid) bij geiten niet expliciet experimenteel zijn onderzocht, zijn er wel aanwijzingen voor hernieuwd en intensief verzorgingsgedrag na eerdere belemmering. Ook lijkt het gedrag zelfbelonend: geiten blijven herhaaldelijk groominggedrag vertonen zonder directe externe bekrachtiging. Op basis van deze kenmerken moet het actief verzorgen van de eigen vacht worden aangemerkt als een basisbehoefte.

Aanvullend op het directe zelfverzorgingsgedrag maken geiten veelvuldig gebruik van externe structuren, zoals wanden, palen of borstels, om het lichaam te schuren. Het gebruik van deze objecten vervult een aanvullende functie in het onderhoud van de vacht en het verlichten van jeuk. Hoewel niet alle geiten deze structuren in gelijke mate gebruiken, blijkt uit onderzoek dat zij actief worden opgezocht indien beschikbaar, en dat het gedrag doelgericht, frequent en intrinsiek gemotiveerd is. De afwezigheid van dergelijke structuren leidt doorgaans niet tot directe schade, maar kan wel resulteren in een verhoogde parasitaire druk of frustratie bij dieren met een onvervulde verzorgingsbehoefte.

Dit type gedrag voldoet aan de gedragsbiologische criteria voor een facultatieve gedragsbehoefte: het komt bij veel dieren voor, wordt doelgericht uitgevoerd, vereist actieve inzet, en lijkt bij te dragen aan comfort, sociaal evenwicht en zelfregulatie.

Een bijzondere vorm van zelfverzorgingsgedrag betreft het gebruik van hoorns voor het schuren van moeilijk bereikbare lichaamsdelen. Dit gedrag is uitsluitend waar te nemen bij gehoornde geiten, komt minder frequent voor dan andere groomingtechnieken, en is bovendien grotendeels vervangbaar door andere gedragsvormen zoals krabben of schuren tegen objecten. De afwezigheid van hoorns leidt in het kader van zelfverzorging niet tot aantoonbare welzijnsschade. Het gebruik van hoorns voor de verzorging van de vacht kan daarom worden beschouwd facultatieve gedragsbehoeftestatus.

Samenvattend behoort vachtverzorging met tanden en poten tot de basisbehoeften van geiten, vanwege de universele verspreiding, endogene motivatie en de negatieve gevolgen van belemmering. Schuren tegen borstels of andere structuren vervult een duidelijk facultatieve gedragsbehoefte, die het welzijn zichtbaar ondersteunt, maar waarvan de afwezigheid niet per definitie leidt tot welzijnsschade. Het gebruik van hoorns draagt aanvullend bij aan zelfverzorging bij gehoornde dieren, maar vormt op zichzelf geen belangrijke gedragsbehoefte.

3.4.4.2 Ontwerpeisen

Om aan deze gedragsbehoefte tegemoet te komen, stellen geiten met betrekking tot zelfverzorging de volgende eisen aan een dierwaardige huisvesting:

Voldoende ruimte voor fysieke zelfverzorging: Geiten moeten de ruimte hebben om natuurlijke verzorgingshoudingen aan te nemen, zoals het reiken met een achterpoot naar de flank of het draaien van de kop naar het lichaam. Beperking van bewegingsvrijheid kan dit gedrag hinderen en het risico op parasitaire belasting vergroten.

Beschikbaarheid van schuurstructuren (zoals borstels): Er dienen voldoende borstels of ruwe oppervlakken beschikbaar te zijn die het schuren van lichaam en kop mogelijk maken. Verschillende types borstels kunnen een complementaire functie vervullen. Een gevarieerd aanbod draagt bij aan gedragsverrijking en huidverzorging.

Toegankelijkheid voor alle dieren: Om monopoliserend gebruik door dominante dieren te voorkomen, moeten structuren die zelfverzorging faciliteren zodanig worden gepositioneerd en in voldoende aantallen beschikbaar zijn dat ook ranglagere dieren er toegang toe hebben.

Hygiënisch gebruik van verzorgingsvoorzieningen: Gezien het risico op verspreiding van huidparasieten of schimmels via gedeeld gebruik, dienen structuren zoals borstels regelmatig gereinigd te worden. Bij voorkeur worden materialen gekozen die eenvoudig te onderhouden zijn en bestand zijn tegen intensief gebruik.

Ruimtelijke integratie in de stalomgeving: Verzorgingsvoorzieningen dienen zodanig te worden geïntegreerd in de leefomgeving dat ze natuurlijk gedrag ondersteunen zonder andere gedragsbehoeften (zoals rust of voeropname) te verstoren. Posities langs looproutes zijn hiervoor geschikt.

3.5 Voortplantingsgedrag

3.5.1 Seksueel gedrag

De voortplantingsactiviteit van geiten (*Capra hircus*) wordt gekenmerkt door een uitgesproken seizoensgebondenheid, die grotendeels wordt bepaald door de breedtegraad, het klimaat, ras, fysiologische status, aanwezigheid van een bok, het gebruikte voortplantingssysteem en vooral de fotoperiode (daglengte) (Fatet et al., 2011; Thiéry et al., 2002; Zarazaga et al., 2005). In gematigde streken vertonen geiten doorgaans een jaarlijks voortplantingspatroon waarbij de bronstperiode samenvalt met de herfst en vroege winter, wanneer de dagen korter worden.

Deze seizoensgebonden cyclus leidt ertoe dat de meeste lammeren in het voorjaar geboren worden, wanneer de beschikbaarheid van voedsel gunstig is voor zowel moederdieren als hun nakomelingen (Chemineau, 1983; Yoshimura, 2013). Geiten worden, evenals schapen, dan ook gerekend tot de zogenaamde "short-day breeders" (Chemineau, 1983; Chakraborty et al., 1989).

Tijdens elk voortplantingsjaar onderscheiden geiten een anoestrusperiode, waarin de seksuele activiteit minimaal of afwezig is, en een brontseizoen met verhoogde activiteit. De cyclische aard van dit gedrag wordt gereguleerd door hormonale mechanismen en door invloeden uit de omgeving.

Boklammeren bereiken doorgaans de puberteit op een leeftijd van 4 tot 6 maanden, terwijl volwassen seksuele activiteit meestal optreedt rond 6 tot 8 maanden (Chakraborty et al., 1989; Ahmad & Noakes, 1996). Vrouwelijke lammeren bereiken de puberteit iets later, doorgaans rond de 5 tot 7 maanden. Voor fokdoeleinden is echter niet alleen de leeftijd, maar ook het lichaamsgewicht van belang. Zo wordt aanbevolen om jonge Saanengeiten pas te dekken wanneer zij zowel een leeftijd van ongeveer zeven maanden als voldoende lichaamsgewicht hebben bereikt om een gezonde dracht en lactatie te ondersteunen. Zowel een te lage als een te hoge lichaamsconditie kunnen risico's opleveren tijdens dracht en geboorte, respectievelijk door onvoldoende reserves of door mechanische belemmeringen.

De gemiddelde draagtijd van geiten bedraagt ongeveer vijf maanden minus vijf dagen. Schijndracht komt relatief frequent voor, vooral bij geiten die buiten het natuurlijke dekseizoen worden gedekt of een behandeling ondergaan ter synchronisatie van de bront (Bajaj, 2024; Desire et al., 2018). In de gangbare melkgeitenhouderij wordt veelal gebruikgemaakt van natuurlijke dekking (Ruis et al., 2010), hoewel ook kunstmatige inseminatie en seizoensafhankelijke reproductietechnieken worden toegepast.

Om de melkproductie over het jaar te kunnen spreiden, maken geitenhouders gebruik van technieken die de ovulatie kunstmatig stimuleren. Dit kan door hormonale behandelingen, het manipuleren van de fotoperiode of het toepassen van het zogenoemde 'bok-effect'. Bij dit laatste wordt een bok geïntroduceerd buiten het natuurlijke dekseizoen, waardoor de seksuele activiteit van de geiten wordt gestimuleerd. Een abrupte overgang van een kunstmatig verlengde lichtperiode naar een kortere daglengte kan eveneens leiden tot hernieuwde ovulatieactiviteit (Fatet et al., 2011).

3.5.2 Partusgedrag

Het aflammeren bij geiten wordt voorafgegaan door gedragsveranderingen die erop wijzen dat de geboorte aanstaande is. In een gedragsstudie bij hoogdrachtige Saanen- en Toggenburgergeiten werd waargenomen dat de dieren zich gemiddeld vier uur vóór het aflammeren terugtrokken uit de kudde (variërend van 1,5 tot 8,5 uur), onrustig werden, frequent wisselden tussen liggen en staan en zachtjes vocaliseerden (Lickliter, 1985). In 76% van de gevallen trokken de dieren zich terug tot op meer dan 10 meter afstand van de dichtstbijzijnde koppelgenoot, dit betrof met name multipare geiten. Primipare (eerstelams) geiten bleven doorgaans dicht bij de groep. Ongeveer 42% van de geiten die zich voorbereidden op de geboorte, tolereerden geen andere geiten binnen een straal van drie tot vier meter, wat wijst op een duidelijke behoefte aan fysieke afzondering tijdens deze kwetsbare fase.

Bij voorkeur vond de uitdrijving plaats op een plek die beschutting bood. In 93% van de geboortes koos de geit ervoor om te gaan liggen tegen een wand, een hokafscheiding, een voerhek of in een hoek van het verblijf (Lickliter, 1985). Deze gedragskeuze wordt geïnterpreteerd als een adaptieve strategie om tijdens de geboorte verstoring te minimaliseren en veiligheid te maximaliseren.

Op Moreton Island (Australië) concludeerde (O'Brien, 1984) op basis van veldwaarnemingen dat verwilderde geiten kunnen worden geclassificeerd als een 'hider type'. Pasgeboren lammeren volgen de moeder niet direct na de geboorte, maar beschikken over gedragingen die hen in staat stellen te overleven tijdens tijdelijke afwezigheid van de moeder. In dit onderzoek bleven moederdieren doorgaans de eerste 2,5 uur na de geboorte in de directe nabijheid van hun lammeren. Daarna scheidden hun strategieën zich: 20 van de 36 geiten ('leavers') voegden zich weer bij de kudde terwijl het lam verborgen werd achtergelaten. De overige 16 ('stayers') bleven op enkele tientallen meters afstand van hun lam, apart van de groep.

Deze variabiliteit in postpartumgedrag bleek deels individueel bepaald; sommige geiten wisselden zelfs tussen jaren van strategie.

Waarnemingen in Schotland bevestigen de variabiliteit in 'lying-out'-duur. Pickering (1983) rapporteerde dat alle lammeren jonger dan één week, die meer dan vier uur per dag werden geobserveerd, zich afzonderden ('lying-out' gedrag). Dit percentage daalde naar 50% in de tweede week, 20% in de derde en slechts 5% in de vierde week. McDougall (1975) observeerde dat geiten met jonge lammeren losjes geassocieerd waren in kleine groepjes van drie of vier dieren, waarbij zij zich pas weer bij de kudde voegden op het moment dat de lammeren een leeftijd hadden bereikt van ongeveer zes weken.

Het gedrag rondom het aflammeren benadrukt de noodzaak van een veilige, rustige en afgeschermdde omgeving voor de geboorte. Voor de melkgeitenhouderij worden individuele kraamhokken aanbevolen met een oppervlakte van minimaal 2 tot 3 m² per dier (NFACC, 2022), al ontbreekt een wetenschappelijke onderbouwing voor deze afmetingen. Geboorteplaatsen in natuurlijke omstandigheden zijn doorgaans beschermd, dicht bij verticale objecten (zoals rotswanden of bomen) en bieden bescherming tegen wind en fel licht. O'Brien (1983) stelde vast dat geboortelocaties gemiddeld lagere windsnelheden (5,7 km/u) kenden dan controlegebieden (10,5 km/u), en dat schuilplaatsen vaak gekenmerkt werden door een zanderige ondergrond en verminderde lichtintensiteit.

Deze gegevens ondersteunen dat geiten in de perinatale fase gevoelig zijn voor verstoring door soortgenoten, en dat de beschikbaarheid van voldoende ruimte, beschutting en rust tijdens het aflammeren essentieel is voor het welzijn van moeder en lam.

3.5.3 Maternaal gedrag: aanvang en ontwikkeling

Maternaal gedrag bij geiten is evolutionair gevormd om de overlevingskansen van het nageslacht te maximaliseren, waardoor de overdracht van genetisch materiaal aan volgende generaties wordt verzekerd (Rosenblatt & Siegel, 1981; Bridges, 2015). Dit gedrag omvat onder meer het selecteren van een geschikte geboorteplek, het opbouwen van een moeder-jong binding, zogen, bescherming tegen externe dreigingen, en het begeleiden van het jong. De intensiteit en aard van dit gedrag verschillen sterk tussen diersoorten, afhankelijk van de mate van zelfredzaamheid van de pasgeborenen. Hoefdieren, waaronder geiten, worden gerekend tot de zogeheten 'precociale' soorten: de lammeren worden relatief ontwikkeld en zelfstandig geboren. Deze soorten zijn geëvolueerd om snel mobiel te zijn, vaak vanwege predatierisico's in open leefomgevingen. Dit in tegenstelling tot de hulpeloze jongen van 'altriciële' soorten zoals knaagdieren of konijnen. Hun jongen worden hulpeloos geboren, met gesloten ogen, zonder beharing, en zijn volledig afhankelijk van ouderzorg.

Onderzoek bij zowel altriciële als precociale soorten heeft aangetoond dat maternaal gedrag ontstaat uit een combinatie van hormonale en zintuiglijke prikkels. Bij geiten is sprake van een tweetrapsproces. In de eerste fase, voorafgaand aan en tijdens het aflammeren, zijn het vooral hormonale factoren – waaronder progesteron, oestradiol, prolactine en oxytocine – die de bereidheid tot moederzorg activeren. De mechanische stimulatie van het geboortekanaal tijdens de uitdrijving is daarbij cruciaal voor de activatie van moederlijk gedrag (Poindron et al., 2007). In de tweede fase, direct na de geboorte, nemen zintuiglijke signalen van het lam – vooral geur, maar ook tast en geluid – het over. Olfactorische prikkels, vermoedelijk afkomstig van vruchtwater en amnionvocht, spelen een centrale rol bij het tot stand komen van de unieke herkenning van het lam door de moeder.

Onder natuurlijke omstandigheden begint de moedergeit het lam onmiddellijk na de geboorte intensief te likken. Deze activiteit duurt doorgaans 60 tot 90 minuten vrijwel onafgebroken en wordt vervolgens gedurende enkele uren met tussenpozen voortgezet (Lickliter, 1985). Likken heeft meerdere functies: het verwijdert vruchtwater en membraanresten, droogt de vacht, stimuleert de bloedsomloop en ademhaling van het pasgeboren lam, en draagt in belangrijke mate bij aan de herkenning van het lam door de moeder.

De periode direct na de geboorte blijkt van bijzonder belang voor het vormen van een hechte moeder-kind band.

Klopfer (1971) liet zien dat deze kritieke hechtingsfase bij geiten zeer kort is: indien een lam direct na de geboorte werd weggehaald, toonde de moeder doorgaans geen blijvende reactie; bij verwijdering na slechts vijf minuten bleek de binding vaak al gevormd. McDougall (1975) observeerde bij verwilderde geiten dat een doodgeboren lam doorgaans niet werd schoongelikt door de moeder, wat wijst op een functionele, energieconserverende adaptatie. Ook de aanwezigheid van ervaring speelt een rol: oudere, multipare geiten vertonen over het algemeen consistentere en sterker maternale gedrag dan eerstelamsgeiten.

Geitenmoeders reageren sterk op signalen van hun pasgeboren lam. Romeyer en Poindron (1992) en Romeyer et al. (1994) toonden aan dat geur een sleutelprikkel vormt voor individuele herkenning. Klopfer (1971) rapporteerde dat bij 14 van de 15 onderzochte moedergeiten vijf minuten contact voldoende was om het lam na tijdelijke scheiding tot drie uur later nog te herkennen en te accepteren. Deze geurherkenning is echter vooral effectief over zeer korte afstand. Voor herkenning op grotere afstand leren geiten snel gebruik te maken van aanvullende zintuiglijke informatie, zoals vocalisaties en visuele kenmerken (Briefer et al., 2012; Poindron et al., 2003; Terrazas et al., 2003). Moedergeiten blijken het unieke contactgeluid van hun lam tot minimaal een jaar na het spenen te kunnen herkennen (Briefer & McElligott, 2011).

Variatie in het tempo en de intensiteit van hechtingsgedrag wordt deels toegeschreven aan genetische verschillen, eerdere ervaring en het aantal worpen. Multipare geiten tonen gemiddeld consistentere en intenser maternale gedrag dan primipare dieren (Addae et al., 2000). De duur van het contact na de geboorte beïnvloedt bovendien de sterkte van de binding. Wanneer geiten slechts gedurende 5 minuten contact hadden met hun lam en vervolgens werden gescheiden, bleef het maternale gedrag tot acht uur nadien bestaan, maar verdween volledig na 24 uur (Ramírez et al., 1996; 1997).

Observaties aan verwilderde geiten tonen aan dat lammeren hun moeder al vanaf circa vier dagen na de geboorte beginnen te volgen, waarbij ze zich aanvankelijk nog afzonderen van andere geiten en hun lammeren (Rudge, 1970). Deze vroege periode van sociale isolatie kan bij wilde geiten variëren van een maand tot langer dan een jaar. Rudge (1970) rapporteerde dat geiten geen 'crèches' vormen, zoals dat wel voorkomt bij verwante soorten zoals moeflons en schapen. Hij verklaarde dit verschil door de hechte moeder-lam binding bij geiten, een kenmerk dat ook later in het sociale gedrag en de groepsstructuur van geiten terugkomt. Terwijl schapen eerder geneigd zijn om kuddes te vormen, tonen geiten juist een meer individuele organisatievorm (Rudge, 1970).

Verder stelde Rudge (1970) vast dat het moederlijke gedrag bij verwilderde geiten uitgebreider was dan bij gedomesticeerde geiten. Zo was het terugtrekgedrag van wilde geiten vóór het aflammeren meer uitgesproken, en bleef het pasgeboren lam doorgaans langer in afzondering. Bij gedomesticeerde geiten wordt deze zogenoemde 'hiding phase' vrijwel niet meer waargenomen, en sluiten lammeren zich doorgaans sneller aan bij de groep.

De voedingsstatus van het lam en de mate van uierdruk bij de moeder blijken een rol te spelen in de mate waarin beide dieren gemotiveerd zijn om na een scheiding weer contact te zoeken (Addae et al., 2000). Dit wijst op een wederzijdse interactie, waarbij zowel het gedrag als de fysiologie van moeder en lam bepalend zijn voor de instandhouding van de moeder-kind binding.

Een belangrijke kanttekening die Rudge (1970) maakte bij zijn observaties, is dat de geitenpopulatie in Nieuw-Zeeland waar hij mee werkte, geen natuurlijke predatoren kende. Hierdoor vielen de ecologische kosten en baten van groepsvorming anders uit, en was het individuele afwegingsproces tussen veiligheid en competitie mogelijk verschoven. Deze contextuele factor is van belang bij de interpretatie van verschillen in sociaal gedrag tussen wilde en gehouden geiten.

Samenvattend is maternale gedrag bij geiten een complex, maar cruciaal gedragsproces dat wordt geïnitieerd door hormonale veranderingen en wordt versterkt door directe interactie met het pasgeboren lam. Inzicht in de aard en timing van deze gedragingen is van belang voor het optimaliseren van kraamomstandigheden en het voorkomen van verstoringen van de moeder-kindbinding.

3.5.4 Maternaal gedrag: afbouw en beëindiging

Het niet langer toelaten van het lam tot de uier, ook wel '(af)spenen' genoemd, markeert voor geitenlammeren de overgang van een voedingspatroon dat hoofdzakelijk bestaat uit melk naar een dieet gebaseerd op vast voer. Onder natuurlijke omstandigheden vindt deze overgang geleidelijk plaats over een periode van drie tot zes maanden na de geboorte, afhankelijk van omgevingscondities en individuele variatie (Collias, 1956; Pickering, 1983). In het wild worden geitenlammeren doorgaans gespeend vóórdat de moeder opnieuw drachtig wordt, waarmee de beschikbaarheid van melk voor de nakomelingen effectief wordt beëindigd (Collias, 1956).

Pickering (1983) stelde vast dat verwilderde lammeren in Schotland volledig gespeend waren op een leeftijd van vijf tot zes maanden. Hoewel de fysieke aanwezigheid van het lam bij de moeder soms aanhield tot een leeftijd van 11 à 12 maanden, nam de frequentie en intensiteit van de moeder-kindinteractie in deze periode geleidelijk af (Miranda-de la Lama & Mattiello, 2010). Het natuurlijke speenproces gaat vaak gepaard met een toenemende onverschilligheid van de moedergeit ten opzichte van haar jong, wat zich onder andere uit in het weigeren van drinkpogingen.

De afname in zogen wordt vaak voorafgegaan door een stijging in het aantal door de moeder afgewezen pogingen tot zogen. Bungo et al. (1998) observeerden bij inheemse Japanse Tokara-geiten³⁶ dat moederdieren vanaf een leeftijd van drie weken bij hun lammeren circa 70% van de drinkpogingen weigerden. Als gevolg hiervan namen de succesvolle drinkmomenten geleidelijk af, hetgeen lammeren ertoe aanzette om andere voedselbronnen te gaan benutten.

De afbouw van de melkafhankelijke voeding stimuleert de geleidelijke toename van vast-voederconsumptie. Tegelijkertijd neemt de gedragsmatige synchronisatie tussen moeder en jong toe. In de studie van Lickliter (1987) besteedden geitenlammeren tijdens de eerste maand na de geboorte circa 55% van hun tijd aan hetzelfde gedrag als hun moeder. Na dertien weken was dit opgelopen tot circa 80%, vergelijkbaar met het synchronisatiepatroon tussen volwassen geiten. Deze geleidelijke gedragsafstemming ondersteunt een soepele overgang naar meer zelfstandig functioneren binnen de kudde.

In bedrijfsmatige systemen wijkt de gangbare praktijk aanzienlijk af van dit natuurlijke verloop. In de melkgeitenhouderij worden lammeren doorgaans kort na de geboorte, vaak direct of binnen 24 tot 48 uur, van hun moeder gescheiden, zodat de melk kan worden aangewend voor menselijke consumptie (Ruis et al., 2010). In extensieve houderijsystemen blijven lammeren doorgaans langer bij de moeder, met een aanbevolen minimumduur van zes tot zeven weken (Miranda-de la Lama & Mattiello, 2010). Deze termijn wordt als kritisch beschouwd voor de ontwikkeling van een functionele weerstand en een voldoende autonome opname van vast voer.

Het vroegtijdig spenen van lammeren kan gepaard gaan met verhoogde stressniveaus en verminderde groeiprestaties, tenzij het proces zorgvuldig wordt begeleid. Daarbij spelen zowel de wijze van melkvoorziening als de beschikbaarheid van vast voedsel een rol. Goetsch et al. (2001) toonden aan dat beperking van de melkopname een snellere overgang naar vast voedsel kan stimuleren. Tevens bleek dat sociale huisvesting – het houden van lammeren in duo's of groepen – de acceptatie van vast voer niet significant bevorderde, tenzij oudere lammeren als voorbeeld fungeerden, wat sociale transmissie mogelijk maakt (Biquand & Biquand-Guyot, 1992).

De timing en uitvoering van het spenen zijn daarmee van groot belang voor het welzijn en de ontwikkeling van het jonge dier. Bij voorkeur dient het spenen plaats te vinden op een moment waarop lammeren fysiologisch en gedragsmatig voldoende ontwikkeld zijn om de afwezigheid van moedermelk te compenseren met autonome voedselopname, adequate thermoregulatie en stabiele sociale interacties.

³⁶ De Tokara-geit wordt beschreven als een primitief geitenras, wat betekent dat zijn afstamming mogelijk ononderbroken is gebleven sinds zijn introductie.

3.5.5 Behoeften en ontwerpeisen

Op de vraag 'wat wil de geit?' met betrekking tot voortplantingsgedrag, kunnen op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten en de criteria voor basis- en facultatieve behoeften (zie Paragraaf 3.1.3) de volgende conclusies worden getrokken.

3.5.5.1 Gedragmatige classificatie van voortplantingsgedrag bij geiten

Voortplantingsgedrag omvat bij geiten een reeks gedragingen die verband houden met seksueel gedrag, geboortegedrag, moederzorg en spenen. In de context van de melkgeitenhouderij moet daarnaast gekeken worden naar gedragingen (en het ontbreken ervan) die relevant zijn bij moederloze opfok. Op basis van gedragsbiologische criteria kan een deel van dit gedrag worden aangemerkt als basisbehoefte, terwijl andere componenten eerder als facultatieve gedragsbehoeften kunnen worden gekarakteriseerd.

Seksueel gedrag bij geiten, inclusief brongstgedrag en bokinteractie, is seizoensgebonden, endocrien gestuurd en gericht op reproductief succes. Geiten zijn zogenaamde 'short-day breeders': de voortplantingscyclus wordt geactiveerd door een afname in daglengte en kan daarnaast worden beïnvloed door feromonen van een bok ('bok-effect'), temperatuur en voedingstoestand. Hoewel dit gedrag duidelijke hormonale wortels heeft, is het sterk afhankelijk van externe prikkels en treedt het dus niet spontaan op zonder contextuele triggers. Seksueel gedrag bij geiten kan daarom niet worden beschouwd als zuiver endogeen gemotiveerd gedrag in strikte zin. Bovendien leidt het uitblijven van paring doorgaans niet tot aantoonbare welzijnsschade of frustratie. Seksueel gedrag voldoet wel aan de kenmerken van een facultatieve gedragsbehoefte: het komt frequent voor, is doelgericht, en draagt bij aan het natuurlijke gedragsrepertoire, maar het ontbreken ervan heeft geen directe negatieve gevolgen voor het individu.

Het gedrag dat voorafgaat aan en direct volgt op het aflammeren — zoals afzonderingsgedrag, het selecteren van een beschutte geboorteplek, en het intensief likken van het pasgeboren lam — toont wél kenmerken van een basisbehoefte. Deze gedragingen komen vrijwel universeel voor bij drachtige geiten, zijn sterk hormonaal gemotiveerd, en het verhinderen ervan kan leiden tot een verstoorde moeder-lam binding, verhoogde onrust en afname van moederzorg. Er is bovendien sprake van tijdskritische processen, waarbij een korte verstoring blijvende gevolgen kan hebben voor de hechting. De aanwezigheid van een geschikte aflamomgeving is daarmee essentieel voor het welzijn van moeder en lam.

Moederzorggedrag na de geboorte — zoals zogen, beschermen, volgen en herkennen — wordt niet uitsluitend endogeen gestuurd, maar ontstaat uit een interactie tussen hormonale processen en zintuiglijke prikkels van het lam. Deze stimulusgevoeligheid betekent dat het gedrag alleen tot volle expressie komt bij voldoende contextuele ondersteuning. Desondanks voldoet moederzorggedrag aan meerdere criteria voor een basisbehoefte: het komt universeel voor, wordt hormonaal voorbereid, en belemmering ervan kan leiden tot verstoorde binding, verhoogde stress en welzijnsverlies bij zowel moeder als lam.

De beëindiging van moederzorg — het niet langer toelaten van zogen, ook wel spenen genoemd — is een gedragmatig proces dat zich bij geiten geleidelijk voltrekt. Dit gedrag is functioneel en hormonaal gestuurd, maar vertoont geen tekenen van welzijnsschade bij het uitblijven of versneld optreden ervan, mits het lam voldoende ontwikkeld is. Het proces van spenen voldoet daarmee eerder aan de kenmerken van een facultatieve gedragsbehoefte, met een regulerende rol in het afbouwproces van ouderzorg.

In bedrijfsmatige systemen is moederloze opfok gangbaar. Hoewel deze praktijk in zekere mate kan worden gecompenseerd door aangepast management (bijv. hoogwaardige biestvoorziening, gecontroleerde voeding, vroege socialisatie), blijven belangrijke gedragsmogelijkheden ontbreken, met name op het gebied van hechting, zogen en sociaal leren. De gedragingen die onder natuurlijke omstandigheden plaatsvinden tussen moeder en lam zijn hier grotendeels afwezig, wat gevolgen kan hebben voor stressgevoeligheid, gedragsontwikkeling en sociaal functioneren. De gedragscomponenten die ontbreken in moederloze opfok behoren grotendeels tot het domein van de eerder benoemde basisbehoeften, wat impliceert dat deze opfokvorm structureel gedragsmogelijkheden beperkt die voor het dier van wezenlijk belang zijn.

Samenvattend behoren het afzonderings- en likgedrag rond het aflammeren, de binding tussen moeder en lam, en de wederzijdse herkenning en verzorging door de moeder tot de basisbehoeften van geiten.

Seksueel gedrag, het proces van spenen en andere gedragingen die bijdragen aan de voortplanting, maar waarvan de afwezigheid geen directe welzijnsschade veroorzaakt, kunnen worden aangemerkt als facultatieve gedragsbehoeften. In systemen met moederloze opfok (zie hiervoor Paragraaf 3.13.2) dienen de beperkingen ten aanzien van deze gedragsmogelijkheden expliciet te worden erkend en — waar mogelijk — gecompenseerd. Het gebrek aan moederzorg kan nooit volledig worden vervangen, maar door adequaat biestmanagement, thermische ondersteuning, hygiënische melkvoorziening, huisvesting met leeftijdsgenoten, spelmogelijkheden, positief contact met verzorgers, een rustige, schone en droge omgeving en een goede gezondheidsmonitoring kan de ontwikkeling en het welzijn van moederloze lammeren aanzienlijk verbeterd worden.

3.5.5.2 Ontwerpeisen

Om het volledige voortplantingsgedrag van geiten tot zijn recht te laten komen, stelt de geit de volgende eisen aan een dierwaardige huisvesting en reproductieomgeving:

Afstemming op seizoensgebondenheid en natuurlijke cyclus: Waar mogelijk dient reproductiemanagement rekening te houden met de natuurlijke bront- en drachtcyclus. Als reproductie wordt gestuurd via licht of hormonen, moeten de omstandigheden consistent en zorgvuldig gecontroleerd worden toegepast. Het manipuleren van de voortplantingscyclus via hormonale middelen of fotoperiodeveranderingen kan productief zijn, maar verhoogt mogelijk het risico op schijndracht en dient daarom zorgvuldig te worden overwogen.

Mogelijkheid tot terugtrekking en beschutting bij aflammeren: Geiten hebben tijdens het aflammeren behoefte aan rust, afscherming en controle over hun fysieke omgeving. Een afgeschermd, beschutte ruimte waar de geit zich kan afzonderen ('kraamhok') en waar voldoende ruimte is (minimaal 3 m² per geit) kan bijdragen aan een veilige geboorte.

Ononderbroken moeder-lam interactie na geboorte: In de eerste uren na de geboorte moet direct en ongestoord contact tussen moeder en lam mogelijk zijn, om likgedrag, geurherkenning en binding te ondersteunen. Vermijd verstoring of vroegtijdige scheiding.

Ruimte en gelegenheid voor individuele hechting: De huisvesting moet voldoende ruimte en visuele barrières bieden om verstoring van de moeder-lam relatie door andere dieren te voorkomen, vooral bij eerstelamsgeiten en onervaren moeders.

Geleidelijke afbouw van moederzorggedrag: Het spenen dient geleidelijk te verlopen, afgestemd op de fysiologische ontwikkeling van het lam. Voldoende beschikbaarheid van geschikt vast voedsel en monitoren van het gedrag van moedergeit en lammeren is hierbij essentieel.

3.6 Exploratief gedrag

Exploratie is een essentieel onderdeel van het gedragsrepertoire van geiten (*Capra hircus*), waarmee zij informatie verwerven over hun fysieke en sociale omgeving. Dit gedrag is functioneel voor het lokaliseren van voedsel en water, het identificeren van schuilplaatsen en het inschatten van mogelijke gevaren, maar draagt ook bij aan cognitieve stimulatie, gedragsflexibiliteit en het ervaren van controle over de omgeving (Mellor, 2016; Veissier et al., 2024). Exploratie ondersteunt aanpassingsvermogen en leerprocessen. In deze context vormt omgevingsverrijking een belangrijk middel om aan de exploratiebehoefte van geiten tegemoet te komen.

Veissier et al. (2024) onderscheiden zes vormen van verrijking: zintuiglijke, fysieke, motorische, cognitieve, voedsel-gerelateerde en sociale verrijking. In navolging van Mandel et al. (2016) en Bloomsmith et al. (1991) beschouwen zij verrijking als effectief wanneer deze het aanpassingsvermogen van het dier versterkt door het bevorderen van exploratie, geheugenopbouw, gedragsflexibiliteit en het ontwikkelen van efficiënte strategieën. Mellor (2016) wijst erop dat het voorzien in mogelijkheden tot vrijwillige, zelfgestuurde gedragingen — waaronder exploratie — kan bijdragen aan positieve gevoelens bij dieren.

Het vertonen van dergelijk gedrag kan een bron zijn van zelfbelonende ervaringen en een aanwijzing vormen voor een goed dierenwelzijn.

Bij geiten is sprake van aanzienlijke interindividuele variatie in reactie op prikkels. In lijn met het concept van 'coping styles' (Bloomsmith et al., 1991; Korte et al., 2005) zijn ook bij geiten verschillen vastgesteld tussen meer proactieve en meer reactieve typen. Proactieve geiten reageren doorgaans routinematiger en minder flexibel op nieuwe situaties en vertonen hogere sympathische reactiviteit, terwijl reactieve geiten beter in staat zijn zich aan te passen aan veranderende omstandigheden (Briefer et al., 2015; Nawroth et al., 2017). In experimenteel onderzoek toonden Nawroth et al. (2022) overigens aan dat dwerggeiten, vergeleken met melkgeiten, beter scoorden op cognitieve leertaken, mogelijk ten gevolge van genetische verschillen of selectiedruk gericht op melkproductie.

3.6.1 Cognitieve stimulatie

Geiten beschikken over geavanceerde cognitieve vermogens die zijn geëvolueerd in antwoord op complexe sociale en fysieke uitdagingen (Zobel et al., 2019). Cognitieve verrijking — het aanbieden van leer- en probleemoplossende taken — kan een waardevolle aanvulling zijn op fysieke en sociale stimulatie. In een experiment van Langbein et al. (2009) kozen dwerggeiten vrijwillig voor een visuele discriminatietask waarbij correcte keuzes via drukknoppen werden beloond met water. Ondanks dat water ook vrij beschikbaar was via een conventionele drinkbak, koos een deel van de dieren frequent voor de cognitieve taak. Sommige geiten richtten tot 90% van hun drinkpogingen op het leersysteem, wat suggereert dat de taak zelf als intrinsiek belonend werd ervaren. In hoeverre deze behoefte ook bij melkgeiten aanwezig is, is niet bekend.

In lijn hiermee pleiten Zobel et al. (2024) voor de implementatie van geautomatiseerde voerstations bij geiten, vergelijkbaar met systemen die reeds in gebruik zijn bij varkens en melkvee. Dergelijke systemen kunnen zowel variatie in voeder middelen als cognitieve uitdaging bieden, mits zij functioneren als vrijwillige verrijking en niet leiden tot frustratie of voederprivatie. De inzet van discriminatie- of categorisatietaken bij voerverstrekking is in dat opzicht een potentieel waardevolle ontwikkeling (Meyer et al., 2010; Oosterwind et al., 2016).

3.6.2 Klimmen

Geiten beschikken over een sterk ontwikkeld vermogen tot klimmen, dat evolutionair is gevormd als reactie op het leven in bergachtige habitats. Klimmen stelt geiten in staat om voedsellocaties te bereiken die voor andere herbivoren ontoegankelijk zijn, maar draagt ook bij aan hun fysieke activiteit, sociale interactie en mentale stimulatie. In de huisvesting van melkgeiten wordt daarom aanbevolen om klimstructuren aan te bieden die tegemoetkomen aan deze natuurlijke gedragsbehoefte (Van Staaveren, 2012; Zobel et al., 2019).

Zobel et al. (2017) onderzochten het gebruik van een verhoogd platform met rubbermatten door twaalf multipare melkgeiten. De dieren brachten gemiddeld $1,9 \pm 0,8$ uur per dag door op het platform, met een grote spreiding tussen individuen (0,1 tot 8,5 uur). Ook het gedrag op het platform varieerde: drie geiten stonden er vrijwel uitsluitend, terwijl vier geiten er vooral lagen. Onder het platform werd eveneens tijd doorgebracht, variërend van 0,1 tot 5,6 uur per dag. De auteurs concludeerden dat individuele voorkeuren een belangrijke rol spelen bij het gebruik van klimstructuren.

Aanvullend op deze studie zijn in een recent Nederlands pilotonderzoek (Hoofdstuk 4) observaties verricht aan een groep van 15 droogstaande melkgeiten met toegang tot platforms op twee niveaus. Na een gewenningsperiode gebruikten de dieren de laagste en hoogste platforms gemiddeld op vier verschillende dagen circa 40% van hun tijd. Deze cijfers suggereren een hoger gebruik dan in de studie van Zobel et al. (2017), wat mogelijk samenhangt met een langere observatieperiode of met verschillen in platformontwerp, diergroep of klimatologische omstandigheden. Hoewel het gebruik van platforms in deze studie overwegend plaatsvond tijdens rust- en ligperiodes, werd bij het analyseren van de videobeelden ook waargenomen dat geiten het platform beklommen voor sociale interactie, zoals speelse activiteiten en rangordegedrag. Vergelijkbaar gedrag is eerder beschreven door Simantke en Reinmuth (2008) en Zobel et al. (2019). De hypothese dat platforms overdag — in tegenstelling tot de nachtelijke rustperiode — ook een rol spelen in exploratie, spel en sociaal gedrag, verdient nader systematisch onderzoek.

3.6.3 Verkennen en benutten van buitenruimte

Toegang tot een buitenruimte biedt geiten een scala aan sensorische prikkels, variërend van temperatuur, licht en luchtbeweging tot geuren, vegetatie en omgevingsgeluiden (Zobel et al., 2024). Deze prikkels stimuleren exploratie, faciliteren gedragsdiversiteit en kunnen bijdragen aan het ontstaan van positieve emotionele toestanden (Clark, 2017). Grosso et al. (2016) wijzen erop dat dieren die worden blootgesteld aan zintuiglijke variatie kalmer en evenwichtiger gedrag vertonen.

Omgevingsverrijking stelt geiten in staat om hun exploratief gedrag uit te oefenen. Flint en Murray (2001) onderzochten vleesbokken ($n = 160$) van zes maanden oud, gehuisvest in een feedlot in Australië, waarbij de verrijkte groep toegang had tot elementen zoals autobanden, houten bielzen en PVC-pijpen. Gedurende een periode van 42 dagen werd bij de bokken in de verrijkte feedlot een significant hogere groei (+83%) vastgesteld dan bij een vergelijkbare groep die geen verrijking kreeg aangeboden, zonder verschil in voeropname tussen verrijkte en controleomgevingen. De auteurs concluderen dat de verbeterde groeiprestaties waarschijnlijk samenhangen met verminderde stress en een efficiëntere voederconversie.

Aschwanden et al. (2009a; 2009b) toonden aan dat ook structurele elementen zoals afscheidingswanden en verhoogde ligplaatsen bijdragen aan het welzijn van geiten, door het verminderen van agressieve interacties en het bevorderen van eet- en rustgedrag. Hoewel dergelijke elementen in de terminologie van Veissier et al. (2024) eerder vallen onder verbetering van de leefomgeving dan onder verrijking, vergroten zij de complexiteit van de omgeving en faciliteren zij natuurlijk gedrag.

Onder gecontroleerde omstandigheden lieten Bøe et al. (2012) zien dat melkgeiten frequent gebruikmaken van een uitloop als deze voldoende aantrekkelijk is. In hun studie kregen 82 melkgeiten toegang tot een buitenruimte van 9,0 m² per dier, voorzien van sneeuw, stenen en gras. Tijdens de observatieperioden bracht de koppel gemiddeld 40–50% van de tijd buiten door, waarbij spelgedrag voornamelijk buiten plaatsvond en rustgedrag vooral binnen. Negretti et al. (2020) rapporteerden vergelijkbare bevindingen: geiten die toegang hadden tot een uitloop vertoonden meer speels en positief sociaal gedrag, zoals 'mock butting' en 'nuzzling'.

Weidegang brengt echter ook risico's met zich mee, vooral op het gebied van parasitaire infecties. Hoste et al. (2001; 2011) stellen dat geiten gevoeliger zijn voor gastro-intestinale nematoden dan schapen of runderen, en bovendien een minder effectieve immuunrespons ontwikkelen. Geiten zijn evolutionair als 'mixed feeders' aangepast aan een grote diversiteit aan plantaardig voedsel (zie ook Paragraaf 3.8), maar hebben, omdat het geen grazers zijn, minder contact met metacercariën (infectieus ontwikkelingsstadium van de leverbot) en nematodenlarven. Dit impliceert dat voor geiten zorgvuldig weidebeheer, rotatie en infectiepreventie noodzakelijk zijn bij het inzetten van de weide als verrijking (Celaya et al., 2008; Hoste et al., 2011).

3.6.4 Behoeften en ontwerpeisen

Op de vraag 'wat wil de geit?' met betrekking tot exploratief gedrag, kunnen op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten en de criteria voor basis- en facultatieve behoeften (zie Paragraaf 3.1.3) de volgende conclusies worden getrokken.

3.6.4.1 Gedragmatige classificatie van exploratief gedrag bij geiten

Exploratief gedrag, waaronder het verkennen van de fysieke omgeving, het aangaan van sociale interacties en het omgaan met cognitieve uitdagingen, vormt een terugkerend en functioneel onderdeel van het gedragsrepertoire van geiten (*Capra hircus*). Dit gedrag stelt geiten in staat zich aan te passen aan veranderende omstandigheden en draagt bij aan de ontwikkeling van kennis over hun leefomgeving. Op basis van de beschikbare literatuur en experimenteel onderzoek kan worden geconcludeerd dat exploratief gedrag voldoet aan meerdere criteria voor gedragmatige behoeften, maar qua intensiteit en onmisbaarheid sterk afhankelijk is van de context.

Exploratief gedrag is wijdverbreid onder geiten, en manifesteert zich bij dieren van verschillende leeftijden en in uiteenlopende huisvestingsvormen. Dit wijst op een zekere mate van universaliteit.

Toch blijkt de intensiteit en frequentie van exploratief gedrag sterk individueel bepaald en beïnvloed door factoren zoals leeftijd, sociale rang en huisvestingscondities. Hoewel exploratie deels endogeen gemotiveerd lijkt, bijvoorbeeld vanuit nieuwsgierigheid of opwinding bij een nieuwe omgeving, is het gedrag ook sterk afhankelijk van externe prikkels en de aanwezigheid van verrijkingselementen. Daarmee voldoet exploratie slechts gedeeltelijk aan het criterium van endogene motivatie.

Wat betreft de gevolgen van belemmering is het beeld gemengd. Structurele deprivatie van verrijking leidt niet direct tot duidelijke fysiologische schade of stereotypieën, maar kan wél resulteren in passiviteit, verveling of een verminderd welzijnsniveau, zeker bij jongere of meer reactieve dieren. Geiten blijken bovendien bereid inspanning te leveren om toegang te krijgen tot een verrijkte omgeving of cognitieve uitdaging, wat duidt op een zekere mate van intrinsieke motivatie voor en zelfbelonend karakter van exploratief gedrag.

Van een klassiek reboundeffect, zoals bekend van gedrag als foerageren of moederzorg, is bij exploratie minder overtuigend bewijs. Wel blijkt uit studies dat geiten die plots toegang krijgen tot een verrijkte omgeving of buitenruimte, hier relatief intensief gebruik van maken, al is dit effect vaak tijdelijk. Dit suggereert dat exploratie weliswaar behoefte-gedreven kan zijn, maar in veel gevallen beter past binnen het kader van facultatieve gedragsbehoeften, die contextueel worden aangewakkerd en deels functioneel van aard zijn.

Op basis van de bestaande criteria kan exploratief gedrag bij geiten als volgt worden geclassificeerd:

Gedragsvormen zoals ruimtelijke verkenning en cognitieve uitdaging voldoen in beperkte mate aan de criteria voor basisbehoeften, vooral door hun zelfbelonend karakter en de universele aanwezigheid bij geiten, maar missen dwingende aanwijzingen voor directe schade bij belemmering of voor een reboundeffect.

Exploratieve gedragingen voldoen meer aan de criteria die horen bij facultatieve behoeften. Geiten zijn zichtbaar gemotiveerd om het gedrag uit te voeren, het gedrag lijkt als positief te worden ervaren (plezier, nieuwsgierigheid, herstel van controle), en het gedrag treedt frequent op wanneer de omgeving hiertoe uitnodigt.

Exploratief gedrag wordt dus het best begrepen als een contextafhankelijke, facultatieve gedragsbehoefte, die weliswaar niet essentieel is voor fysiek overleven, maar wel bijdraagt aan het mentaal welzijn, gedragsdiversiteit en de mogelijkheid tot zelfgestuurd gedrag.

3.6.4.2 Ontwerpeisen

Om exploratief gedrag bij geiten te faciliteren, gelden de volgende ontwerpeisen voor een dierwaardige leefomgeving:

Verrijkte leefomgeving: Bied geiten fysieke, sensorische en cognitieve stimulansen, zoals klimstructuren, obstakels, platforms, visuele variatie, of objecten om te manipuleren. Wissel prikkels periodiek af om habituatie te voorkomen.

Toegang tot buitenruimte of uitloop: Geef geiten toegang tot een veilige, weertype-geschikte buitenruimte waar zij blootgesteld worden aan wisselende prikkels zoals licht, geur, temperatuur, vegetatie en dynamiek.

Gevarieerde ondergrond en niveaus: Faciliteer exploratie door verschillen in hoogte, helling, textuur en comfort in de ruimte aan te brengen. Denk hierbij aan (droge) zachte en harde en verhoogde oppervlakken.

Cognitieve uitdaging op vrijwillige basis: Integreer leersystemen bijvoorbeeld in de vorm van voerautomaten die zonder voedseldeprivatie uitdagende keuzes of taken aanbieden. Zorg dat gebruik facultatief en belonend blijft.

Sociale variatie en structuur: Laat geiten in stabiele groepen leven met voldoende ruimte voor sociaal onderzoek gedrag en individuele differentiatie in copingstijl.

3.7 Thermoregulerend gedrag

Geiten (*Capra hircus*) worden wereldwijd gehouden in uiteenlopende klimaatomstandigheden, variërend van tropische droogtegebieden tot koude bergstreken. Deze ecologische spreiding weerspiegelt een aanzienlijke aanpassingscapaciteit aan temperatuurfluctuaties, mede dankzij gedragsmatige, fysiologische en morfologische mechanismen. Niettemin bestaat er een temperatuurzone waarin de thermoregulatie-inspanningen minimaal zijn en het dier zich in een fysiologisch evenwicht bevindt: de zogenoemde thermoneutrale zone.

3.7.1 Adaptatie aan hitte

Geiten beschikken over meerdere gedragsmatige en fysiologische strategieën om met hittestress om te gaan. Belangrijke gedragsaanpassingen omvatten het opzoeken van schaduw, verminderde activiteit overdag, verhoogde wateropname en een toegenomen frequentie van urineren en mesten (Gupta & Mondal, 2021; Lima et al., 2022). Fysiologisch gezien maken geiten primair gebruik van hijgen (panting) als mechanisme om warmte af te voeren via verdamping in de luchtwegen. Zweeten speelt een minder prominente rol, mede doordat de zweetklieren van geiten relatief beperkt zijn in aantal en activiteit. Deze vroege inzet van respiratoire thermoregulatie maakt hen minder afhankelijk van evaporatie warmteverlies via de huid, wat gunstig is in droge, waterarme klimaten waarin veel geitenrassen zijn geëvolueerd (Gupta & Mondal, 2021).

Onder experimentele omstandigheden bleek dat geiten reeds bij een gematigde stijging van de omgevingstemperatuur hun ademhalingsfrequentie aanzienlijk verhogen. In het onderzoek van Heisey et al. (1971) nam deze frequentie toe van 29 naar 100 ademhalingen per minuut bij een temperatuurverhoging van 25 °C naar 30 °C, zonder dat de rectaaltemperatuur in deze fase toenam. Ook Olsson et al. (1995) rapporteerden dat de versnelde ademhaling bij hittestress vooruitliep op een stijging van de lichaamstemperatuur. Deze snelle ventilatoire respons wordt gezien als een aanpassing waarmee geiten warmteverlies kunnen maximaliseren zonder excessief vochtverlies via zweeten.

Onderzoek van Taylor (1966) wijst op een aanvullende thermoregulerende rol van de hoorns. Op basis van schattingen van doorbloeding en oppervlak berekende hij dat Toggenburger geiten bij 30 °C en wind tot 3% van hun metabole warmte via de hoorns kunnen afstaan, en bij 0 °C tot 4%. Daarnaast vond hij aanwijzingen dat deze afkoeling in het bijzonder bijdraagt aan de regulatie van de hersentemperatuur. Bij isolatie van de hoorns werd een stijging van 0,4 °C in hersentemperatuur gemeten. Het is echter onduidelijk in hoeverre deze functie door hoornloze geiten wordt gemist.

Er bestaan aanzienlijke rasverschillen in hittetolerantie. Zo bleek in een klimaatkameronderzoek dat de ademhalingsfrequentie van droogstaande Saanengeiten sterk toenam bij 35 °C, terwijl die van Nubische geiten onder gelijke omstandigheden nauwelijks veranderde (Lima et al., 2020). Ook in het onderzoek van Sejian et al. (2021) werd benadrukt dat variatie in fysiologische responsen op warmtebelasting, zoals veranderingen in ademhalingsfrequentie, verschillen tussen rassen weerspiegelen. Daarnaast spelen lactatiestadium en productieniveau een rol. Dit onderstreept het belang van context-specifieke beoordeling van thermisch comfort.

3.7.2 Adaptatie aan koude

Geiten tonen een opmerkelijk aanpassingsvermogen aan lage temperaturen, vooral via gedragsmatige en metabole strategieën. Bij blootstelling aan kou nemen geiten vaker een staande houding aan, verhogen hun voeropname en zoeken nabijheid van soortgenoten om warmteverlies te beperken (Bøe et al., 2007; Eik, 1991). In een experiment waarin volwassen melkgeiten gedurende 14 dagen werden gehouden bij temperaturen tussen -8 en -12 °C, werd aanvankelijk een verhoging gemeten in vrije vetzuren en thyroxine (T4), indicatief voor verhoogde warmteproductie. Deze waarden normaliseerden echter snel, wat duidt op acclimatisatie (Bøe et al., 2007). Gedragingen zoals vaker staan en verhoogde voedselinname speelden hierbij waarschijnlijk een sleutelrol. Bøe et al. (2012) toonden aan dat het gebruik van buitenuitlopen daalt wanneer de temperatuur onder het vriespunt zakt. Toch konden geiten gemotiveerd worden om naar buiten te gaan wanneer buiten voer werd aangeboden of wanneer beschutting (zoals een afdak) aanwezig was.

Bij geitenlammeren zijn soortgelijke gedragsaanpassingen gerapporteerd. Eik (1991) vergeleek lammeren in geïsoleerde schuren (10–14 °C) met lammeren in niet-geïsoleerde ruimtes waar de temperatuur regelmatig onder de –20 °C daalde. Ondanks het verschil in omstandigheden werd geen verschil gevonden in dagelijkse gewichtstoename. Wel bleek dat lammeren bij extreme kou minder actief werden, dichter tegen elkaar aan gingen liggen en een toename in vachtdikte vertoonden. Rillen werd niet waargenomen, wat kan duiden op een effectieve gedragsmatige en morfologische respons.

Een aanvullende maat voor koudebelasting is de temperatuur-vochtigheidsindex (THI). In veldonderzoek met Saanen- en Alpine-geiten op Noord-Italiaanse bedrijven stelden Battini et al. (2016) bij geiten vast dat bij een THI < 55 signalen van koudestress optraden, zoals rillen en een opgezette vacht. Deze bevindingen ondersteunen het idee dat gedragsmatige signalen — waaronder veranderingen van houding en het meer tegen elkaar aan liggen van geiten — belangrijke indicatoren zijn voor thermisch ongemak bij koude.

3.7.3 Onder- en bovengrenzen van thermisch comfort

De thermoneutrale zone (TNZ) wordt gedefinieerd als het temperatuurbereik waarin een dier zijn lichaamstemperatuur in evenwicht kan houden zonder extra metabolische of gedragsmatige inspanning. Voor geiten is deze zone moeilijk eenduidig vast te stellen, vanwege verschillen tussen rassen, productiestadia en individuele dieren (Lu, 1989; Gupta & Mondal, 2021).

Volgens Gupta en Mondal (2021) ligt de thermoneutrale zone voor volwassen geiten bij benadering tussen 12 en 24 °C. El Sabry en Almasri (2023) hanteren een ruimer bereik van 7 tot 32 °C als 'comforttemperatuur'. Toussaint (1997) stelt op basis van praktijkervaring een optimum tussen 10 en 18 °C voor, met een maximumtemperatuur van 27 °C. De Canadese Code of Practice (NFACC, 2022) hanteert als richtlijn een gewenste temperatuur tussen 10 en 20 °C en waarschuwt voor hittestress boven 26 °C. Deze waarden geven een indicatief kader, maar zijn vooral gebaseerd op aannames en slechts gedeeltelijk op experimenteel onderzoek.

De bovenste kritieke temperatuur (UCT) markeert het punt waarop het dier fysiologische inspanning moet leveren om warmte kwijt te raken. Bij geiten ligt deze drempel volgens (Lu, 1989) rond de 30 °C. Boven deze temperatuur daalt de voeropname en stijgt de rectale temperatuur. Andere studies bevestigen deze drempel. Zo lieten Heisey et al. (1971) zien dat de ademhalingsfrequentie al significant stijgt bij een temperatuurverhoging van 25 °C naar 30 °C, zelfs voordat een stijging in rectale temperatuur optreedt. Deze vroege respiratoire respons is kenmerkend voor geiten en wijkt af van andere zoogdiersoorten waarbij hyperventilatie pas bij vergevorderde hyperthermie optreedt (Olsson et al., 1995).

De onderste kritieke temperatuur (LCT) is lastiger te bepalen. Hoewel geiten zich relatief goed aanpassen aan kou, tonen studies aan dat gedrag, voeropname en fysiologie wel degelijk reageren op dalende temperaturen. Battini et al. (2016) rapporteren dat geiten tekenen van koudestress vertoonden bij een temperatuur-vochtigheidsindex (THI) lager dan 55. Typische gedragingen waren rillen en een opgezette vacht. Bianca en Kunz (1978) observeerden bij een temperatuur van –5 °C een verhoogde frequentie van rillen en een tendens tot verhoogd gewichtsverlies tijdens korte blootstelling aan koude. In andere studies bleven gewichtstoename en activiteit op peil zolang voldoende voer, beschutting en groepscontact beschikbaar waren (Bøe et al., 2007; Eik, 1991).

De grenzen van de thermoneutrale zone van geiten blijken dus niet absoluut, maar worden beïnvloed door meerdere factoren: leeftijd, ras, productiviteit, eerdere temperatuuracclimatisatie, huisvestingsomstandigheden, lichaamsconditie en gedrag (Gupta & Mondal, 2021).

Respiratiekameronderzoek van Lima et al. (2020) liet bijvoorbeeld zien dat Saanengeiten bij 35 °C een duidelijk sterkere fysiologische reactie vertoonden dan Nubische geiten, terwijl het omgekeerde gold bij koude omstandigheden. Zulke verschillen onderstrepen dat algemene uitspraken over kritieke temperatuurgrenzen bij 'de geit' met voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd.

3.7.4 Schaduw zoeken bij hitte

Het opzoeken van schaduw vormt een essentieel onderdeel van de gedragsmatige thermoregulatie bij geiten. Ook bij rassen die van oorsprong goed aangepast zijn aan warme, droge klimaten — zoals de Damascus-geit — is dit gedrag prominent aanwezig. In een studie van Al-Tamimi (2007) werd vastgesteld dat lammeren zonder toegang tot schaduw tijdens warme uren verhoogde ademhalings- en hartslagfrequenties ontwikkelden, evenals een hogere lichaamstemperatuur. Om hittestress te beperken verplaatsten deze dieren hun voeropname naar koelere dagdelen en dronken zij vaker en in grotere hoeveelheden water. Deze aanpassing van het dagritme — met een verschuiving van activiteit naar de vroege ochtend en avond — is een gedragsmatige strategie om hittestress tijdens de heetste uren te vermijden.

Het beschikbaar stellen van schaduwplekken stelt geiten in staat om deze natuurlijke strategie effectief toe te passen. Andere verkoelende interventies — zoals ventilatie en bevochtiging — bleken in diverse studies eveneens positieve effecten te hebben. Darcan en Cankaya (2008) rapporteerden dat mannelijke lammeren die werden besproeid of geventileerd, een hogere voeropname, snellere gewichtstoename en een hoger eindgewicht bereikten dan controledieren zonder verkoeling. Ventilatie leidde tot een economisch voordeel van bijna 19 USD per lam, door verbeterde groepprestaties.

In aanvullend onderzoek toonden Darcan et al. (2008) aan dat geiten die tweemaal per dag werden besproeid, minder temperatuursverhoging ondervonden en meer tijd besteedden aan eten, lopen en herkauwen. Darcan en Güney (2008) rapporteerden bovendien een stijging van 21% in melkproductie bij geiten die regelmatig werden besproeid, vergeleken met onbehandelde dieren. Deze studies zijn weliswaar uitgevoerd onder (sub)tropische omstandigheden in Turkije, maar illustreren het belang van actieve koeling bij hoge temperaturen.

Voor gematigde klimaatzones zoals Nederland is de noodzaak van zulke intensieve maatregelen geringer. Toch wijst het spontaan opzoeken van schaduw door geiten en het in de luchtstroom van stalventilatoren gaan staan erop, dat toegang tot beschutting en mechanische ventilatie ook hier van belang kunnen zijn, vooral in perioden met hoge stralingsbelasting (intense zoninstraling) of beperkte natuurlijke ventilatie. Het faciliteren van gedragsmatige thermoregulatie draagt niet alleen bij aan comfort, maar voorkomt tevens fysiologische overbelasting.

3.7.5 Beschutting zoeken bij regen en wind

Geiten zijn goed bestand tegen droge en warme klimaten, maar blijken gevoelig voor natte weersomstandigheden. Onder regenachtige en winderige condities vertonen geiten consistent vermijdingsgedrag: zij zoeken beschutting, verminderen hun activiteit en besteden minder tijd aan foerageren. In een veldstudie van Brindley et al. (1989), waarin verwilderde geiten gedurende een maand werden geobserveerd, daalde de tijd die aan foerageergedrag werd besteed van 70–75% op droge dagen naar 35–45% tijdens natte perioden. Tegelijkertijd steeg het percentage tijd dat in beschutte plekken werd doorgebracht van een mediaan van 1% tot 40%. De geiten zochten gemiddeld binnen 15 minuten na het begin van de regen beschutting op.

Het zoeken van een droge, beschutte plek is daarmee een duidelijke gedragsmatige aanpassing aan ongunstige weersomstandigheden. Onder natte omstandigheden daalt niet alleen de activiteit, maar ook de voedselopname, wat indirect invloed kan hebben op de energiehuishouding en het welzijn van het dier. Beschutting helpt bovendien om de isolerende werking van de vacht te behouden, die bij langdurige nattigheid sterk vermindert.

Stachowicz et al. (2019) bevestigden dit patroon in een studie naar het gebruik van buitenuitlopen door melkgeiten op 13 Zwitserse geitenbedrijven. Zij stelden vast dat geiten de buitenruimte significant minder gebruikten op regendagen, en ook in het uur vóór aanvang en na beëindiging van regen minder vaak naar buiten gingen dan op vergelijkbare droge dagen. Zelfs bij zeer lichte neerslag (≤ 1 mm/uur) werd al een afname in gebruik van de uitloop geconstateerd. Ook wind bleek een bepalende factor: hogere windsnelheden gingen gepaard met minder gebruik van de buitenruimte. De auteurs concludeerden dat geiten weersveranderingen actief registreren en hun ruimtegebruik daarop aanpassen.

Deze bevindingen komen overeen met eerder onderzoek van Bøe en Ehrlenbruch (2013), waarin werd vastgesteld dat geiten een uitgesproken voorkeur hebben voor beschutting tegen regen en wind. Het gedrag van geiten bij slecht weer duidt op een sterke motivatie om zich droog en beschermt te houden, ook als daarvoor de toegang tot voedsel of sociale interactie moet worden beperkt.

3.7.6 Aanpassing aan ongunstig stalklimaat

Geiten die langdurig binnen worden gehouden, zijn in sterke mate afhankelijk van het microklimaat in de stal. Dit klimaat wordt bepaald door temperatuur, luchtvochtigheid, ventilatie, lichttoetreding en de concentratie van schadelijke gassen zoals ammoniak (NH_3), koolstofdioxide (CO_2) en methaan (CH_4). Hoewel geiten op gedragsniveau beperkte mogelijkheden hebben om actief te reageren op een ongunstige luchtkwaliteit, kunnen zij bij suboptimale omstandigheden vermijdingsgedrag vertonen, zoals het vermijden van bepaalde stalzones, verhoogde rusteloosheid of een afname in voeropname. Wanneer vluchtmogelijkheden ontbreken, resteert slechts fysiologische compensatie of passieve tolerantie.

De grenswaarden voor ammoniak zijn in de arbeidsomstandighedenregeling, bijlage XIII³⁷, vastgesteld op 20 ppm bij 8 uur blootstelling. Voor melkgeiten ontbreken echter specifieke, wetenschappelijk onderbouwde drempelwaarden. Vanwege hun 24-uurs aanwezigheid in de stal worden geiten echter vier- tot vijfmaal zo lang blootgesteld aan eventuele luchtverontreiniging als de blootstellingsduur die voor mensen als uitgangspunt geldt. Cumulatieve effecten van langdurige blootstelling aan lage concentraties, zoals bij mensen aangetoond (Mahdinia et al., 2020) zijn daarmee voor melkgeiten mogelijk een risico. Onder praktijkomstandigheden zijn in melkgeitenstallen ammoniakwaarden gemeten tussen 0,9 en 8,8 ppm (Mosquera et al., 2022), wat onder de kritische waarde voor rundvee ligt (25 ppm). Het is echter niet uitgesloten dat ook lagere concentraties al nadelige effecten kunnen hebben.

Ammoniak kan leiden tot irritatie van de slijmvliezen in de luchtwegen, met risico's op ademhalingsproblemen, ongemak en verhoogde vatbaarheid voor infecties. Bij andere diersoorten, waaronder varkens en kalveren, is aangetoond dat ook langdurige blootstelling aan relatief lage concentraties al kan leiden tot microbiële veranderingen in de neusholte en structurele aantasting van het longweefsel (Wang et al., 2019; Van Leenen et al., 2020). Dergelijke blootstelling gaat gepaard met klinische symptomen zoals hoesten, benauwdheid en verminderde weerstand. Het is aannemelijk dat vergelijkbare effecten bij geiten optreden, al ontbreekt gericht onderzoek.

Naast luchtkwaliteit is ook de temperatuur en luchtvochtigheid in de stal van invloed op het thermisch comfort van geiten. De meeste richtlijnen adviseren een temperatuur tussen 10 en 20 °C met een relatieve luchtvochtigheid van 60–80% (Toussaint, 1997; NFACC, 2022). Goede ventilatie is essentieel om vocht, warmte en gassen af te voeren. In de winter wordt een minimale ventilatiecapaciteit van 30 m³/h per dier aanbevolen, oplopend tot 120 m³/h in de zomer, met een maximale luchtsnelheid van 0,5 m/s om tocht te voorkomen. Een slechte ventilatie vergroot niet alleen de gasconcentraties, maar verhoogt ook het risico op vochtophoping en schimmelvorming, wat het stalklimaat verder onder druk zet.

Ten slotte speelt ook licht een regulerende rol, zowel in de circadiane ritmiek als in het gedrag en de hormonale status van geiten. Daglichttoetreding via lichtplaten (minimaal 5% van het vloeroppervlak) wordt aanbevolen om een natuurlijk dag/nacht ritme te volgen en gedragsdiversiteit te ondersteunen.

Samengevat hebben geiten weinig gedragsmatige mogelijkheden om ongunstige stallucht te vermijden, wat de noodzaak onderstreept van een proactief stalontwerp en klimaatmanagement. Preventieve maatregelen zijn essentieel om chronische belasting van de luchtwegen en daarmee samenhangend welzijnsverlies te voorkomen.

3.7.7 Behoeften en ontwerpeisen

Op de vraag 'wat wil de geit?' met betrekking tot thermoregulerend gedrag, kunnen op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten en de criteria voor basis- en facultatieve behoeften (zie Paragraaf 3.1.3) de volgende conclusies worden getrokken.

³⁷ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0008587/2023-07-01/#BijlageXIII> (geraadpleegd februari 2025).

3.7.7.1 Gedragmatige classificatie van thermoregulerend gedrag bij geiten

Thermoregulatie is een fysiologische basisbehoefte bij geiten (*Capra hircus*) die wordt ondersteund door een reeks gedragingen waarmee zij hun lichaamstemperatuur binnen functionele grenzen proberen te houden. Deze gedragingen omvatten onder meer het opzoeken van schaduw of beschutting, variatie in lichaamshouding en locatie (staan, liggen, spreiding), veranderingen in voer- en wateropname, verhoogde ademhalingsfrequentie (hijgen), het vermijden van natte of winderige plekken en in sommige omstandigheden sociaal gedrag zoals dicht tegen elkaar aan liggen. De mate waarin geiten dergelijke gedragingen vertonen, wordt beïnvloed door omgevingsfactoren zoals temperatuur, luchtvochtigheid, wind, regen en stalklimaat, maar ook door individuele kenmerken zoals ras, leeftijd, lichaamsconditie en productiestatus (Lima et al., 2020; Gupta & Mondal, 2021; Sejian et al., 2021).

Op basis van de gedragmatige classificatiecriteria voldoet thermoregulerend gedrag aan meerdere kenmerken van een basisbehoefte. De universaliteit is evident: alle geiten vertonen — binnen hun mogelijkheden — gedragingen om extreme temperaturen of ongunstige klimatologische omstandigheden het hoofd te bieden, ongeacht leeftijd, geslacht of ras. Daarnaast is er sprake van endogene motivatie: geiten reageren niet uitsluitend op externe prikkels, maar ook op interne signalen van thermisch discomfort, zoals een verhoogde kerntemperatuur of huiddoorbloeding. De snelle hyperventilatie bij oplopende temperatuur, die in sommige studies zelfs voorafgaat aan een meetbare stijging van de rectale temperatuur, wijst op een sterk gereguleerde gedragmatige respons (Heisey et al. 1971; Olsson et al. 1995).

Wanneer de mogelijkheid tot thermoregulerend gedrag wordt belemmerd, treden aantoonbare welzijnsproblemen op. Bij blootstelling aan hittestress zonder toegang tot schaduw, ventilatie of verkoeling, vertonen geiten duidelijke tekenen van fysiologische overbelasting (zoals hijgen met open bek, speekselen, verminderde voeropname en verhoogde rectale temperatuur) (Darcan & Cankaya 2008; Battini et al. 2016). Ook bij koude en natte omstandigheden, zoals regen of wind, zoeken geiten actief beschutting, waarbij het ontbreken daarvan leidt tot verminderde activiteit, lagere voeropname en verhoogd energieverbruik (Brindley et al. 1989; Stachowicz et al. 2019). Deze negatieve gevolgen onderstrepen het belang van gedragmatige thermoregulatie als beschermend mechanisme.

Van een reboundeffect in strikte zin is bij thermoregulerend gedrag moeilijk te spreken, aangezien dit gedrag vooral reactief en situatie gebonden is. Wel blijkt uit observaties dat geiten, wanneer ze opnieuw toegang krijgen tot buitenverblijven, schaduwplekken of beschutte ligplaatsen, deze benutten in overeenstemming met hun thermische behoeften (Bøe et al. 2012). Daarnaast kunnen gedragingen zoals hijgen, het opzoeken van droge ondergrond of het vermijden van tocht plotseling in intensiteit toenemen bij temperatuurverschuivingen, wat indirect wijst op een latente motivatie.

Het gedrag kan als zelfbelonend worden beschouwd in de zin dat het leidt tot een herstel van thermisch comfort — een positieve fysiologische toestand die direct van invloed is op het welzijn.

Geconcludeerd kan worden dat thermoregulerend gedrag bij geiten voldoet aan de meeste criteria voor basisbehoeften. Het gedrag is universeel, endogeen gemotiveerd, en het blokkeren ervan leidt aantoonbaar tot fysiologisch en gedragmatig lijden. Daarmee maakt het deel uit van het repertoire van basisgedragsbehoeften dat noodzakelijk is voor het behoud van gezondheid en welzijn.

3.7.7.2 Ontwerpeisen

Om geiten in staat te stellen tot adequate thermoregulatie via gedrag, gelden de volgende ontwerpeisen:

Toegang tot beschutte en droge ligplaatsen: Zorg voor voldoende droge, tochtvrije en comfortabele ligplekken, bij voorkeur tegen wanden of in hoeken van de stal, waar geiten zich kunnen terugtrekken bij kou of wind.

Schaduwvoorziening en ventilatie bij hitte: Voorzie buitenverblijven en binnenruimtes van schaduwrijke zones, goede luchtcirculatie en eventueel verkoelingssystemen (zoals ventilatie of sprinklers), met aandacht voor hygiëne en toegankelijkheid.

Ruimte voor gedragsaanpassing: Bied geiten voldoende ruimte om te staan, te liggen of te spreiden naar gelang hun thermische voorkeur. Vermijd overbezetting, zodat dieren individueel hun comfort kunnen optimaliseren.

Buitenuitloop met klimatologische beschutting: Ontwerp buitenverblijven met windschermen, schuilplaatsen of hellingen, zodat geiten ook onder minder ideale weersomstandigheden zelf kunnen kiezen of zij binnen of buiten verblijven.

Aandacht voor ondergrond en materiaalkeuze: Gebruik ondergronden die droog en comfortabel blijven onder verschillende weersomstandigheden. Vermijd gladde, koude of natte oppervlakken die thermoregulatie bemoeilijken. Bied eventueel ondergronden aan van verschillende materialen, zodat geiten ook hiermee hun comfort kunnen optimaliseren.

Monitoring van stalklimaat: Controleer actief op ammoniakconcentraties, temperatuur, luchtvochtigheid en luchtverversing, om ongunstige klimaatcondities vroegtijdig te signaleren en aan te passen.

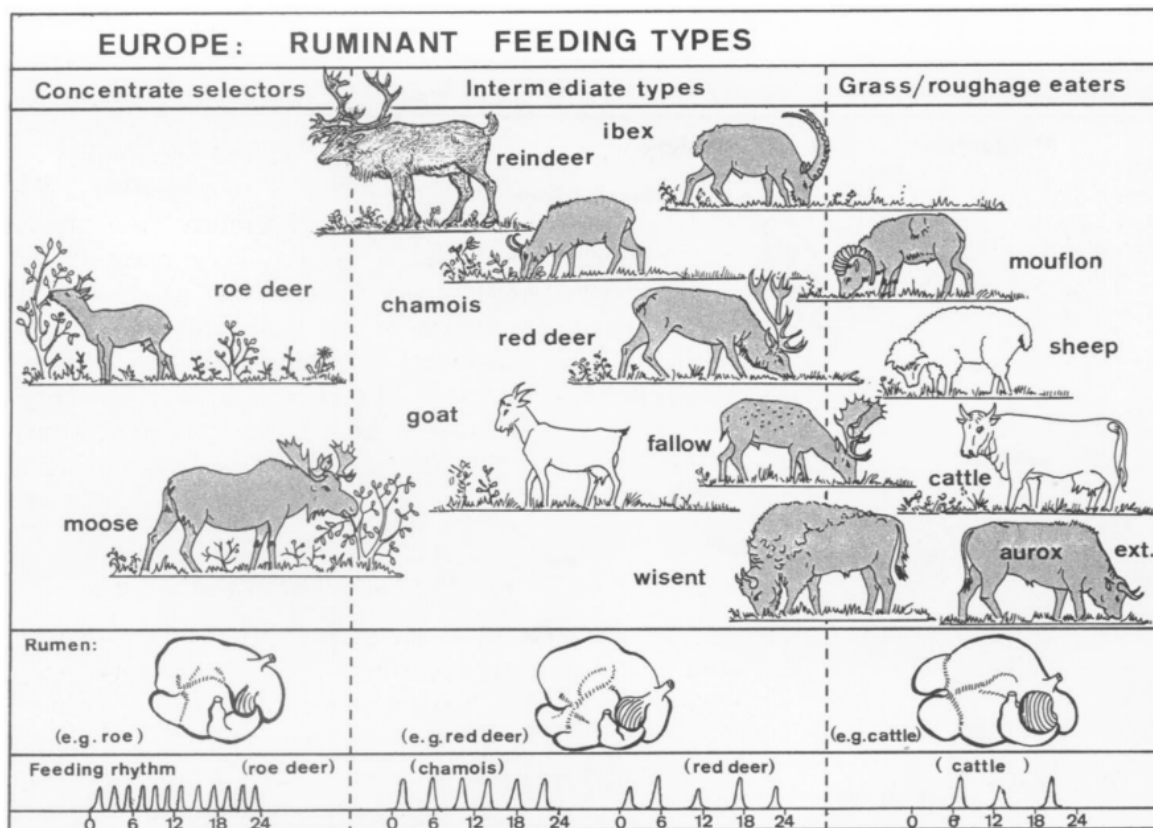
3.8 Voer- en wateropnamegedrag

Deze paragraaf gaat niet over de *nutritionele behoeften* van melkgeiten. Dat valt buiten het bestek van dit onderzoek. Daarvoor verwijzen we graag naar informatiebronnen als "Handboek Geitenhouderij" (Schuiling, 2000), "Goat Nutrition" (Morand-Fehr, 2003), "Dairy Goats, Feeding and Nutrition" (Cannas et al., 2008) en "Tabellenboek Veevoeding 2016" (CVB, 2016). Deze paragraaf behandelt de gedragsaspecten van voer- en wateropname.

3.8.1 Voerkeuze en foerageergedrag

Geiten (*Capra hircus*) behoren tot de herkauwers met een gemengd voedingsgedrag en worden binnen de classificatie van Hofmann (1989, zie Figuur 3) aangeduid als 'intermediate feeders'. Deze groep herkauwers vertoont zowel graas- als browsegedrag en beschikt over een spijsverteringsstelsel dat zich flexibel aanpast aan variaties in voedselaanbod. In tegenstelling tot 'concentrate selectors', die vooral jonge, voedzame plantendelen consumeren, of grazers, die voornamelijk gras eten, hebben geiten het vermogen om hun dieet aan te passen aan seizoensgebonden en lokale beschikbaarheid van voedermiddelen (Fedele et al., 1993; Dickinson, 1994; Avondo et al., 2008). Hofmann (1989) baseerde zijn classificatie op morfologische en functionele kenmerken van het maag-darmkanaal, zoals de capaciteit van de pens en het absorptieoppervlak van het pensépitheel.

In semi-natuurlijke omstandigheden vertonen geiten een uitgesproken voedselkeuze. In een studie in een natuurreservaat in Spanje consumeerden gedomesticeerde geiten (*Capra hircus*) bij voorkeur bladeren van de steeneik (*Quercus ilex*) en gras, terwijl verwilderde Iberische steenbokken (*Capra pyrenaica*) een minder selectieve strategie volgden en vooral aten wat beschikbaar was (Cuartas & García-González, 1992). Ook Dickinson (1994) beschreef aan de hand van fecesanalyse dat het dieet van vrijlevende verwilderde geiten in Wales bestond uit een combinatie van grassen, dwergstruiken en boombladeren, met duidelijke seizoensfluctuaties in de bijdrage van deze componenten.



Figuur 3 Europese herkauwers ingedeeld naar voederstrategie (grijs), waarbij gedomesticeerde soorten in wit zijn weergegeven. Hoe verder naar rechts, des te beter een soort in staat is om in de pens plantencelwanden/vezels te verteren; hoe verder naar links, des te meer er geselecteerd wordt op de celinhoud van plantendelen. Let op de veranderingen in het dagelijkse voedingsritme (overgenomen uit Hofman, 1989).

Het selectieve eetgedrag van geiten wordt mede verklaard door hun anatomie. Hun beweeglijke bovenlip en tong stellen hen in staat voedsel nauwkeurig te selecteren, terwijl hun vermogen om zich op te richten op de achterpoten hen toegang geeft tot hoger gelegen plantendelen (Taylor & Kothmann, 1990). Bovendien kunnen geiten bij voldoende voedselaanbod hun opnamecapaciteit verdubbelen tot verdrievoudigen, bijvoorbeeld in periodes met verhoogde metabolische behoefte (Hofmann, 1989).

De anatomische aanpassing van het spijsverteringskanaal aan het voertype is eveneens kenmerkend. Zo leidt een vezelrijk dieet tot vergroting van het pensvolume en een toename van het absorptieoppervlak (Silanikove, 2000). De hoge speekselproductie, die rijk is aan bicarbonaat, beschermt het pensmilieu tegen verzuring. Geiten zijn daarnaast in staat om op basis van zintuiglijke waarneming en aangeleerd gedrag voedsel te selecteren met de hoogste voedingswaarde. Provenza et al. (2003) en Fedele et al. (2002) toonden aan dat geiten in staat zijn om voedselitems te kiezen die op dat moment het best aansluiten bij hun fysiologische behoeften, wat wijst op een leerproces gebaseerd op post-ingestieve feedback.

Hoewel geiten een hoge tolerantie vertonen voor rantsoenen met veel krachtvoer, is er een grens aan deze flexibiliteit. Zo rapporteerden Desnoyers et al. (2008) dat een verhoging van het krachtvoeraandeel tot 60% leidde tot een daling van de pens-pH, hoewel geiten hun eetpatroon aanpasten om dit effect te mitigeren. Tegelijkertijd wees het uitvallen van een individuele geit door acute acidose erop dat er grenzen zijn aan de mate van aanpassing binnen korte tijd. Ginger-Reverdin en Sauvant (1991) benadrukken dat rantsoenen met meer dan 75% krachtvoer het risico op pensverzuring en slepende melkziekte vergroten door afname van de herkauwactiviteit en speekselproductie.

Bij ad libitum verstrekking van voer bestaat het eetpatroon van geiten uit drie fasen: een verkennende inspectie van het voeraanbod, gevolgd door een fase van intensieve opname, en tenslotte een fase van selectieve opname van de meest gewenste deeltjes (Morand-Fehr et al., 1991).

Dit uitgesproken selectieve opnamegedrag leidt tot een relatief hoge mate van voerrestproductie en maakt het behoud van een homogene samenstelling van gemengde rantsoenen (TMR) lastig. Berthel et al. (2024) toonden aan dat geiten binnen twee uur de samenstelling van het rantsoen via selectieve opname van bepaalde componenten konden veranderen. Hoewel kortere haksellengtes dit proces enigszins vertraagde, bleef het uitsorteren een relevant probleem.

Daarbij blijkt uit voorkeursoronderzoek van Berthel et al. (2022) dat geiten een voorkeur hebben voor gescheiden, enkelvoudige voedermiddelen boven gemengde rantsoenen met dezelfde componenten en voedingswaarde. De auteurs vermoeden dat dit samenhangt met de voorkeur voor variatie of een betere herkenbaarheid en smakelijkheid van afzonderlijke voedermiddelen.

3.8.2 Herkauwgedrag

Herkauwen vormt een essentieel onderdeel van de voedselverwerking bij geiten en draagt bij aan zowel de fysiologische spijsvertering als het welzijn van het dier. Tijdens het kauwen en herkauwen produceren geiten aanzienlijke hoeveelheden speeksel, rijk aan bicarbonaat en fosfaten, die de pens-pH helpen bufferen en zo verzuring tegengaan (Silanikove, 2000). Herkauwen verkleint voedseldeeltjes, stimuleert microbiële fermentatie en voorkomt lokale verzuring door een homogene verdeling van de pensinhoud. Structuurrijk ruwvoer vereist intensiever herkauwen dan krachtvoer, wat resulteert in een tragere fermentatie en stabielere productie van vluchtige vetzuren. Een onvoldoende aandeel ruwe celstof in het rantsoen vermindert de herkauwactiviteit en speekselproductie, wat pensverzuring in de hand kan werken.

Observaties aan geiten in semi-natuurlijke omstandigheden lieten zien dat zij gemiddeld 10,6% van hun tijd besteedden aan herkauwen, tegenover 30,5% aan voedselopname Askins en Turner (1972). Hun eetpatroon kenmerkte zich door twee hoofdmomenten: bij zonsopgang en circa drie uur voor zonsondergang. Experimenten onder gecontroleerde omstandigheden toonden aan dat herkauwen gemiddeld 32% van het etmaal beslaat, voornamelijk tijdens de nacht (Askins & Turner, 1972). Interessant is dat de circadiane ritmiek van het herkauwgedrag behouden bleef tijdens voedselonthouding, wat duidt op een endogene oorsprong van dit ritme. Herkauwen blijkt temporeel geassocieerd te zijn met rustfasen en afwezigheid van waakzaamheid.

Hoewel het circadiane ritme grotendeels endogeen bepaald lijkt te zijn, wordt de duur van het herkauwen beïnvloed door de voersamenstelling. Lu (1987) toonde aan dat de gemiddelde dagelijkse herkauwtijd significant toenam bij een grotere haksellengte van het ruwvoer. Geiten die Bermudagrass ontvingen met een gemiddelde haksellengte van 3,87 mm, herkauwden gemiddeld 27,5% langer dan bij gras met een lengte van 2,38 mm. Abijaoudé et al. (2000) bevestigden dat herkauwtijd daalt bij een lager aandeel ruwvoer in het rantsoen, onafhankelijk van de afbraaksnelheid van het zetmeel. Deze studies benadrukken het belang van voldoende structuurrijk voer en een geschikte deeltjesgrootte voor een gezonde spijsvertering bij geiten. Een gezonde spijsvertering bij geiten wordt gekenmerkt door regelmatige voeropname en herkauwen, een stabiel pensmilieu, goed gevormde mest, passende lichaamsconditie en het ontbreken van tekenen van ongemak. Dit alles weerspiegelt een optimale interactie tussen voeding, fysiologie en gedrag.

3.8.3 Agonistisch gedrag rond voederplaatsen

Zoals eerder besproken (Paragraaf 2.1), is een belangrijk nadeel van het leven in groepen de competitie om schaarse hulpbronnen, zoals voer. Deze competitie komt bij geiten tot uiting in agonistisch gedrag zoals duwen, stoten, bijten, dreigen, najagen of het verdrijven van andere dieren bij de voederplek. Dergelijk gedrag treedt vooral op wanneer het voeraanbod beperkt is, of wanneer de fysieke toegang tot het voer onvoldoende ruimte biedt voor gelijktijdige opname (Miranda-de la Lama & Mattiello, 2010). In de stal komt dit gedrag vaker voor dan in de weide, waar voedsel doorgaans ruimer verspreid is en meer individuele afstand mogelijk is (Barroso et al., 2000).

Ranghoge geiten verkrijgen bij het voerhek eerder toegang tot voedermiddelen dan ranglagere dieren, mede door het inzetten van agonistisch gedrag. Terwijl deze dominantie in de weide minder effect had, bleek deze bij de verstrekking van beperkte hoeveelheden krachtvoer in de stal juist bepalend voor de voeropname (Barroso et al. 2000).

Wanneer voldoende ruimte beschikbaar is, zoals in de weide, kunnen ondergeschikte dieren dominante groepsleden gemakkelijker ontwijken, wat de frequentie van conflicten vermindert (Lindberg, 2001). Grosso et al. (2016) observeerden dat geiten in weidebedrijven vaker gedrag vertoonden dat werd geclassificeerd als “kalm/tevreden” en “nieuwsgierig/aandachtig” dan geiten die uitsluitend op stal werden gehouden.

Naarmate de dierdichtheid toeneemt, stijgt de frequentie van agonistische interacties (Estevez et al., 2007; Van et al., 2007). Jørgensen et al. (2007) toonden aan dat bij een verdriedubbeling van het aantal geiten per vreetplek (van 1 naar 3), de individuele eettijd daalde van 20% naar 12%, terwijl het aantal fysieke verplaatsingen en agressieve interacties toenam. Flint en Murray (2001) rapporteerden dat een ruimere voerbaklengte per dier (57 cm per geit bij 7 geiten versus 31 cm per geit bij 13 geiten) het aantal agressieve gedragingen met circa 30% verminderde.

De gewenste afstand tussen vretende geiten varieert sterk. In een studie van Aschwanden et al. (2008) bleek de mediane afstand tussen vretende geiten tussen 1,20 en 2,50 meter te liggen, met een spreiding van 0,44 tot 4,75 meter, afhankelijk van sociale band en bekendheid. Deze voorkeur voor ruimtelijke scheiding bleek kleiner bij geiten met een sterke onderlinge band. De aanwezigheid van hoorns had geen effect op de zelfgekozen afstand, maar beïnvloedde wel het gedrag wanneer dieren onder de persoonlijke afstandsgrens kwamen: gehoornde geiten vertoonden meer dreiggedrag en vermijding, terwijl hoornloze geiten vaker fysieke confrontaties aangingen.

Bij gehoornde geiten werd bovendien vastgesteld dat de vreettijd afnam wanneer het aantal vreetplaatsen werd beperkt. Gehoornde dieren claimden vaak meerdere plekken, waardoor ranglage geiten minder toegang kregen. Loretz et al. (2004) concludeerden dat gehoornde geiten meer ruimte nodig hebben aan het voerhek dan hoornloze dieren en adviseerden minimaal 50 cm vreetbreedte per hoornloze geit, en méér voor gehoornde dieren. In Zwitserland wordt een wettelijke ondergrens van 35 cm gehanteerd.

Naast vreetbreedte kan ook fysieke afscheiding tussen vreetplaatsen bijdragen aan het reduceren van conflicten. Aschwanden et al. (2009a) rapporteerden dat lange, solide scheidingswanden (110 cm) effectiever waren in het verminderen van agressie dan korte of open afscheidingen. Daarnaast bleken metalen palissadevoerhekken de voorkeur te hebben boven andere ontwerpen zoals horizontale buizen of diagonale hekken. Deze gaven geiten betere controle over hun directe omgeving, wat zich weerspiegelde in lagere fecale cortisolmetabolieten (Nordmann et al., 2011).

3.8.4 Wateropnamegedrag

Wateropname is van vitaal belang voor het fysiologisch functioneren en welzijn van geiten. Water is het hoofdbestanddeel van het lichaam van de geit en vertegenwoordigt gemiddeld 71–73% van het vetvrije lichaamsgewicht (Giger-Reverdin & Gihad, 1991). Factoren zoals voeropname, omgevingsomstandigheden, fysiologische status (zoals lactatie) en genetische achtergrond beïnvloeden zowel de waterbehoefte als het drinkgedrag van geiten. Vrijlevende Angorageiten besteedden gemiddeld ongeveer één minuut per dag aan het drinken, voornamelijk rond het middaguur en in de late namiddag (Askins & Turner, 1972). In een gecontroleerde omgeving werd vastgesteld dat geiten gemiddeld 0,2% van hun tijd aan drinken besteedden (Al-Ramamneh et al., 2012).

De wateropname is positief gecorreleerd met temperatuur en de opname van bepaalde nutriënten, zoals ruw eiwit. Giger-Reverdin et al. (2011) analyseerden meer dan 500 datarecords met gegevens over rantsoensamenstelling en wateropname en concludeerden dat een hoger ruw eiwitgehalte in het rantsoen leidde tot een verhoogde wateropname, vanwege de noodzaak om stikstofhoudende afvalproducten via de urine af te voeren. Hoewel het aandeel ruwe celstof geen direct effect had, leidde een hoger aandeel hooi in het rantsoen tot verhoogde wateropname. Dit werd toegeschreven aan de stimulerende invloed van vezelrijk ruwvoer op herkauwactiviteit en speekselproductie.

Het drinkgedrag van geiten wordt eveneens beïnvloed door het type drinkvoorziening. Bøe et al. (2021) vergeleken drinkbakken en drinknippels bij melkgevende en droogstaande geiten. Hoewel de wateropname tussen beide systemen niet significant verschilde, werd via nippels meer water verbruikt.

Drinkbakken bevatten daarentegen meer heterotrofe bacteriën en waren visueel troebeler, wat duidt op een slechtere waterkwaliteit. Waterv verliezen via nippels bedroegen 23–30% van het totale verbruik, terwijl dit verlies bij drinkbakken verwaarloosbaar was.

De beschikbaarheid van voldoende drinkplaatsen is essentieel om competitie en stress te vermijden. Ehrlenbruch et al. (2010b) stelden vast dat bij toenemende aantallen dieren per drinknippel (van 7,5 naar 15 naar 30 geiten per nippel) de drinkfrequentie en -duur per geit daalden en het aantal agonistische interacties toenam. Bij 30 dieren per nippel ontstonden bovendien wachtrijen, wat het belang van voldoende drinkvoorzieningen onderstreept.

Wat de kwaliteit van het drinkwater betreft, lijkt het bewijs voor smaakgevoeligheid niet eenduidig. Runa et al. (2019a; 2019b) vonden dat Boer-geiten voorkeur hadden voor zout water (0,25%) boven vers kraanwater, maar deze concentratie ligt meer dan achtmaal boven de aanbevolen maxima (300 ppm) (Schlink et al., 2010). Hoewel dit duidt op zouttolerantie, is niet overtuigend aangetoond dat geiten gevoelig zijn voor subtiele verschillen in waterkwaliteit. Wel is bekend dat geiten verontreinigd, stilstaand water mijden als er schonere alternatieven beschikbaar zijn (Zobel et al., 2024).

Geitenrassen die zijn aangepast aan droge klimaten, zoals de Barmer-geit uit India en de zwarte Bedoeïenengeit, kunnen meerdere dagen zonder water overleven (Khan et al., 1979; Shkolnik et al., 1980). Ze maken hierbij gebruik van hun pens als waterreservoir. Herkauwers blijken in het algemeen beter bestand tegen wateronthouding dan eenmagige dieren (Silanikove, 1994). Na dehydratatie kunnen ze in korte tijd grote hoeveelheden water opnemen, wat efficiënt is in omgevingen met schaarse waterbronnen waarbij tegelijkertijd het risico op predatie tijdens het drinken wordt geminimaliseerd (Silanikove, 1992).

Onder normale bedrijfsomstandigheden ligt de gemiddelde waterbehoefte van geiten tussen de 6 en 9 liter per dag, afhankelijk van factoren als lactatiestadium, voersamenstelling, temperatuur en activiteit (NRC, 2007). In een studie van Hartmann et al. (2021) steeg de wateropname van lacterende geiten bij warm weer van 8 tot circa 12 liter per dag, wat wijst op het belang van onbeperkte toegang tot schoon drinkwater, vooral in periodes van hittestress.

3.8.5 Behoeften en ontwerpeisen

Op de vraag 'wat wil de geit?' met betrekking tot voer- en wateropnamegedrag, kunnen op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten en de criteria voor basis- en facultatieve behoeften (zie Paragraaf 3.1.3) de volgende conclusies worden getrokken.

3.8.5.1 Gedragmatige classificatie van voer- en wateropnamegedrag bij geiten

Het opnemen van voer en water vormt een centrale fysiologische behoefte bij geiten (*Capra hircus*) en gaat gepaard met een reeks gedragingen, waaronder foerageren, herkauwen, drinken en voedselselectie. Deze gedragingen worden ondersteund door anatomische aanpassingen, zoals een beweeglijke bovenlip en tong, en een geavanceerd reuk- en smaakvermogen. Geiten zijn zogenaamde 'intermediate feeders' die onder natuurlijke omstandigheden een gemengd dieet opnemen van gras, bladeren, struiken en boommaterialen. Ze tonen uitgesproken selectief gedrag in hun voedselkeuze, waarbij de voorkeur uitgaat naar delen van planten met een hoge verteerbaarheid en eiwitwaarde, zoals bladeren, knoppen en jonge scheuten. Ook het wateropnamegedrag is verfijnd en afhankelijk van factoren als zoutgehalte, temperatuur en voersamenstelling.

Op basis van gedragmatige classificatiecriteria voldoet voer- en wateropnamegedrag aan alle kenmerken van een basisbehoefte. Het gedrag komt universeel voor bij alle geiten, ongeacht leeftijd of leefomgeving. De motivatie is overwegend endogeen, gestuurd door interne prikkels zoals honger, dorst, verzadiging en metabole balans. Herkauwen kent bovendien een endogeen circadiaan ritme dat ook tijdens voedselonthouding wordt voortgezet. Wanneer de uitvoering van deze gedragingen wordt belemmerd, treden aantoonbare welzijnsrisico's op, zoals verminderde productie, pensverzuring, gewichtsverlies, uitdroging en stress.

Het reboundeffect is duidelijk: na perioden van voedsel- of wateronthouding vertonen geiten een verhoogde opname, met name van water en energierijke componenten. Het gedrag is bovendien zelfbelonend: eten, drinken en herkauwen leiden tot fysiologisch herstel, comfort en verzadiging. Herkauwen is nauw verbonden met rustgedrag en lijkt een intrinsiek kalmerend effect te hebben.

Gedragingen zoals intensief selecteren van componenten in gemengde rantsoenen, voorkeur voor bepaalde wijzen waarop voer wordt aangeboden, of het staan op achterpoten om bladeren te bereiken, voldoen niet aan alle criteria van een basisbehoefte, maar zijn wel duidelijk doelgericht, individueel gevarieerd en geiten zijn gemotiveerd om er moeite voor te doen. Deze gedragingen worden daarom geclassificeerd als facultatieve behoeften. Ze dragen bij aan gedragsverrijking, cognitieve stimulatie en sensorisch evenwicht.

Samengevat is het voer- en wateropnamegedrag van geiten een duidelijk voorbeeld van een basisbehoefte, waarbij onderdelen zoals voedselkeuze, voorkeuren en lichaamshoudingselementen kunnen worden beschouwd als facultatief. Beide vragen om inrichtingseisen die inspelen op zowel fysiologische als gedragsmatige behoeften van het dier.

3.8.5.2 Ontwerpeisen

Om het natuurlijke voer- en wateropnamegedrag van geiten optimaal te ondersteunen, gelden de volgende ontwerpeisen:

Voldoende en gelijktijdige toegang tot voedsaam voer: Bied alle geiten gelijktijdig toegang tot voer van passende structuur en samenstelling, met voldoende ruimte aan het voerhek (minimaal 40 cm per dier, meer bij gehoornde dieren) om competitie en voernijd te minimaliseren.

Ondersteuning van herkauwgedrag: Voorzie in ruwvoer met voldoende lengte en structuur om herkauwen, penswerking en speekselproductie te stimuleren.

Ruimte voor voedselselectie en sensorische variatie: Maak selectief eetgedrag mogelijk door voer op verschillende hoogten aan te bieden, of door het aanbieden van losse takken of voedselverrijking.

Voldoende en schone drinkplaatsen: Zorg voor minimaal één drinknippel per 7 à 10 geiten, met voldoende doorstroming en goede bereikbaarheid, of gebruik hygiënisch beheerde drinkbakken.

Toegankelijkheid voor ranglagere dieren: Gebruik scheidingswanden of visuele barrières aan het voerhek om sociale stress en agressie te beperken, zodat ook ranglage geiten ongestoord kunnen eten.

Zorg voor voerkwaliteit en -consistentie: Vermijd verslechtering van gemengde rantsoenen door tijdige verstrekking en beperking van selectiegedrag via rantsoensamenstelling en wijze van aanbieden.

3.9 Uitscheidingsgedrag

Uitscheidingsgedrag omvat bij geiten (*Capra hircus*) het lozen van feces (mesten) en urine (urineren), twee processen die samenhangen met de stofwisseling en de water- en elektrolytenbalans. Hoewel de fysiologie van uitscheiding goed is gedocumenteerd, is er relatief weinig bekend over het natuurlijke gedrag rond uitscheiding, met name onder stalomstandigheden. Daarbij zijn er duidelijke verschillen in het uitscheidingsgedrag van bokken ten opzichte van vrouwelijke dieren, vooral wat betreft urineren in het kader van seksueel en territoriaal gedrag (Sutherland et al., 2017). Omdat deze gedragingen buiten het toepassingsbereik van deze analyse vallen, richten we ons uitsluitend op vrouwelijke dieren.

3.9.1 Mesten

De fecale uitscheiding bij geiten kenmerkt zich door een relatief lage vochtfractie in vergelijking met andere herkauwers.

Geiten scheiden met hun mest 60–65% water uit, tegenover 75–85% bij runderen, wat deels verklaard wordt door het efficiënte vermogen van geiten om water in de dikke darm te resorberen (Schlink et al., 2010). Droogstaande geiten produceren mest met een iets hoger droge-stofgehalte dan lacterende dieren, bij wie het vochtgehalte van de feces gemiddeld circa 7% hoger ligt (Giger-Reverdin & Gihad, 1991).

Over het mestgedrag zelf is weinig empirisch onderzoek beschikbaar. Shank (1972) verwijst in zijn studie van verwilderde geiten slechts terloops naar de observatie dat urineren doorgaans wordt gevolgd door mesten, maar noemt geen afzonderlijke gedragsequenties of voorkeurspatronen. In de praktijk komt mesten echter regelmatig onafhankelijk van urineren voor. Tijdens het mesten maken geiten doorgaans een karakteristieke kwispelende staartbeweging.

Rollins en Montandon (1984) toonden aan dat Angorageiten in vergelijking met andere herbivore soorten zoals dam- en witstaartherten, relatief weinig frequent mestten (gemiddeld 7–8 keer per dag). In een voorkeursexperiment met Indiase Beetal-geiten werden geen significante verschillen waargenomen in het aantal mestacties op ondergronden van aarde, zaagsel, zand of beton (Ullah et al., 2022). In een keuzetest leek beton als minst aantrekkelijke ondergrond te worden vermeden, maar de voorkeurspatronen waren niet consistent en lieten zich moeilijk interpreteren.

Geiten gebruiken geen vaste mestplaatsen of latrines, zoals bij sommige andere diersoorten wel wordt waargenomen (bijvoorbeeld dassen of konijnen). Hoewel zij hun feces relatief willekeurig in de leefruimte deponeren, vermijden geiten het vermoedelijk om hun directe ligplaatsen te bevuilden wanneer zij voldoende ruimte hebben om te manoeuvreren. In de praktijk worden vaak looproutes en randen van het verblijf als mestlocatie gebruikt, wat suggereert dat omgevingsfactoren het mestgedrag conditioneren.

3.9.2 Urineren

Urineren bij geiten is een gedrag dat, net als mesten, niet strikt locatie gebonden is, maar waarbij wel enige voorkeur voor bepaalde ondergronden kan worden vastgesteld. In een studie van Sutherland et al. (2017), uitgevoerd met negen maanden oude Saanen-geiten, werd vastgesteld dat deze geiten significant vaker urineerden op houtkrullen dan op metalen roosters, plastic roosters of rubbermatten, wanneer deze ondergronden op hetzelfde moment beschikbaar zijn. Tegelijkertijd gaven zij de voorkeur aan rubber en plastic als ligondergrond. De auteurs speculeerden dat geiten opspattende urine vermijden en dat ze vermijden om te urineren op plekken die zij als ligplaats verkiezen.

Ter ondersteuning van deze hypothese kan worden verwezen naar uitgebreid onderzoek bij paarden. Hengsten en ruinen urineren bij voorkeur op een zachte, absorberende ondergrond en vermijden harde, niet-absorberende oppervlakken zoals beton of rubbermatten. Fader (2002), Muggenthaler et al. (2010) en Baumgartner (2012) rapporteren dat paarden hun urinelozing actief uitstellen wanneer er geen geschikte ondergrond beschikbaar is, vermoedelijk om spatten tegen de benen of buik te vermijden. Dit gedrag werd ook waargenomen op vers ingestrooide strobedden, die duidelijk de voorkeur genoten boven kale oppervlakken. Wanneer paarden worden gehouden op niet-absorberende ondergronden zonder strooisel, verlaten zij vaak de ligplek om elders te urineren. Dit benadrukt het belang van een aparte, geschikte plek om te urineren nabij het liggedeelte, om vervuiling van ligplaatsen te voorkomen. Echter, de motivatie om plaatsgericht te urineren lijkt bij paarden beperkt: wanneer er geen alternatief is, wordt er toch op minder geschikte plekken geürineerd, met als gevolg een natte ligplaats.

Een vergelijkbare interpretatie is mogelijk voor het gedrag van de geiten in het onderzoek van Sutherland et al. (2017): de voorkeur voor houtkrullen kan ook deels verklaard worden door de huisvestingspraktijk in Nieuw-Zeeland, waar houtkrullen in geitenstallen standaard als bodembedekking worden gebruikt. Gewinning aan deze ondergrond kan de keuze beïnvloeden hebben. Tegelijkertijd kan frequent urineren op houtkrullen leiden tot vochtophoping, waardoor deze ondergrond onaantrekkelijk wordt als ligplaats. Dit sluit aan bij de bevinding van Battini et al. (2014), die stellen dat geiten een duidelijke voorkeur hebben voor droge ligplekken, al ontbreekt hiervoor een directe empirische onderbouwing.

Onderzoek bij Turkse Saanen-lammeren laat zien dat jonge geiten de voorkeur geven aan schone, comfortabele plekken om te liggen, zoals onder voerbakken of objecten (Tölü et al., 2016).

Of deze voorkeur primair wordt gedreven door de behoefte aan hygiëne of aan geborgenheid, is niet vastgesteld. Evenmin is overtuigend aangetoond dat geiten bewust specifieke plekken opzoeken om te urineren. Toch lijkt hun keuze voor een bepaalde ondergrond deels gestuurd te worden door negatieve prikkels zoals vocht, spatten en vertrouwdheid van de ondergrond, en mogelijk ook door leerervaringen.

Samenvattend wijzen de beschikbare gegevens erop dat urineren bij geiten weliswaar niet sterk locatie gebonden is, maar dat factoren als ondergrond, gewenning, hygiëne en comfort wel degelijk het gedrag kunnen beïnvloeden. Dit biedt aanknopingspunten voor het aanleren en sturen van urineren via inrichting, materiaalkeuze en bodembedekking.

3.9.3 Behoeften en ontwerpeisen

Op de vraag 'wat wil de geit?' met betrekking tot uitscheidingsgedrag, kunnen op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten en de criteria voor basis- en facultatieve behoeften (zie Paragraaf 3.1.3) de volgende conclusies worden getrokken.

3.9.3.1 Gedragmatige classificatie van uitscheidingsgedrag bij geiten

Uitscheidingsgedrag, waaronder mesten en urineren, is een essentieel onderdeel van het fysiologische functioneren van geiten. Via feces en urine verwijderen geiten afvalstoffen uit het lichaam, reguleren zij hun vocht- en elektrolytenbalans, en behouden zij hun interne homeostase. Dit gedrag is bij vrouwelijke geiten doorgaans niet sociaal of territoriaal van aard, en wordt relatief willekeurig uitgevoerd in de leefomgeving. Wel zijn er aanwijzingen dat geiten bepaalde ondergronden prefereren om te urineren, en dat zij de directe nabijheid van hun ligplaatsen bij voorkeur mijden voor uitscheiding, mits daartoe voldoende ruimte beschikbaar is.

Op basis van de gedragmatige classificatie voldoet uitscheidingsgedrag aan meerdere criteria voor basisbehoeften. De universaliteit is onbetwist: alle geiten, ongeacht leeftijd, geslacht of huisvestingsvorm, mesten en urineren op dagelijkse basis. Daarbij is sprake van endogene motivatie, gestuurd door interne fysiologische prikkels zoals darmvulling, blaasdruk en hormonale signalen. Deze drang wordt slechts beperkt beïnvloed door externe stimuli en is in wezen onvermijdelijk.

Wanneer de mogelijkheid tot uitscheiding wordt belemmerd — bijvoorbeeld door gebrek aan ruimte of een ongeschikte ondergrond — kan dit leiden tot fysiek ongemak, verminderde voederopname, gedragsstoornissen of gezondheidsproblemen zoals obstipatie of urineweginfecties. In dat opzicht kan het gedrag niet onbeperkt worden onderdrukt zonder welzijnsrisico's. Van een reboundeffect in enge zin is echter weinig bewijs: geiten vertonen geen plotseling verhoogde uitscheiding bij herwonnen toegang tot geschikte plekken.

Het gedrag kan als zelfbelonend worden beschouwd in de zin dat het leidt tot verlichting van fysieke spanning of ongemak, waarmee het bijdraagt aan een neutrale of positieve fysiologische toestand. Het betreft hier primair homeostatisch gedrag met een directe biologische noodzaak.

Concluderend kan worden gesteld dat uitscheidingsgedrag bij geiten voldoet aan de criteria van een basisbehoefte: het gedrag is universeel, endogeen gemotiveerd, het belemmeren ervan heeft negatieve consequenties voor het welzijn, en het uitvoeren ervan is functioneel en regulerend voor het interne milieu van het dier. In beperkte mate kunnen voorkeuren en vermijdingsstrategieën worden aangewend in de inrichting van huisvestingssystemen om de hygiëne en het comfort te verbeteren.

3.9.3.2 Ontwerpeisen

Om het uitscheidingsgedrag van geiten op een natuurlijke en hygiënisch verantwoorde wijze te faciliteren, gelden de volgende ontwerpeisen:

Voldoende ruimte voor gescheiden functies: Zorg voor een inrichting waarin geiten fysiek afstand kunnen nemen van hun lig- en rustplaatsen tijdens mesten of urineren, door voldoende vloeroppervlak en ruimtelijke scheiding.

Gebruik van ondergronden met functionele differentiatie: Maak gebruik van absorberende en hygiënische bodembedekking zoals houtkrullen of stro op strategische plaatsen om geiten te stimuleren daar te urineren, en houd ligplaatsen droog en comfortabel.

Beperken van opspattend vocht: Vermijd harde, niet-absorberende oppervlakken op plekken waar geiten vaak urineren, om onaangename prikkels zoals spatten tegen poten of buik te minimaliseren.

Voorkomen van vervuiling van ligplaatsen: Controleer regelmatig de droogte van ligzones en vermijd ophoping van urine of mest in rustgebieden door frequente reiniging of gerichte materiaalkeuze.

3.10 Zelfbeschermingsgedrag

Zelfbeschermingsgedrag bij geiten omvat een breed scala aan gedragingen die gericht zijn op het vermijden van risico's voor het fysieke welzijn, zoals predatie, agressieve soortgenoten en extreme weersomstandigheden. Dergelijke gedragingen zijn geëvolueerd in respons op het leven in potentieel gevaarlijke habitats en worden gekenmerkt door waakzaamheid, vluchtstrategieën, gebruik van de omgeving als beschutting en het zoeken van sociale veiligheid. Zowel wilde als gehouden geiten vertonen gedragspatronen die duiden op een aangeboren behoefte aan veiligheid en controle over de leefomgeving. Dit gedrag is vaak situationeel, maar ook voorspelbaar en consistent onder natuurlijke omstandigheden.

3.10.1 Schuilen en verbergen

Geiten beschikken over een sterk ontwikkeld vermogen tot vermindering van dreiging. Dit komt tot uiting in hun habitatkeuze en het strategisch gebruik van het landschap. Wilde geiten (*Capra aegagrus*) in Iran bleken bij voorkeur te verblijven op steile hellingen, nabij rotsformaties en op afstand van menselijke infrastructuur (Esfandabad et al., 2010). Zulke locaties bieden niet alleen bescherming tegen roofdieren, maar ook tegen extreme weersomstandigheden. Dit gedrag wordt ondersteund door de robuuste lichaamsbouw van geiten, met korte, gespierde ledematen die hen in staat stellen zich snel en behendig te verplaatsen over ruig terrein.

Verschillende studies tonen aan dat verwilderde geiten grotten of andere beschutte plekken verkiezen voor nachtrust of bij slecht weer (Boyd, 1981; O'Brien, 1983; Shackleton & Shank, 1984; Dickinson, 1994). Bij zware neerslag of sterke wind onderbreken geiten hun activiteiten en trekken zich snel terug in schuilplaatsen, een patroon dat ook wordt waargenomen bij extensief gehouden melkgeiten in berggebieden (Zobel et al., 2018). In de Europese Alpen bleken melkgeiten bij temperaturen boven 22°C vooral in de namiddag grotten op te zoeken, wat niet alleen duidt op vermindering van hittestress, maar mogelijk ook op een sociaal of ritmisch patroon in het gebruik van schuilplaatsen. In de vroege ochtend trekken deze geiten veelal naar hoger gelegen foerageergebieden, waarbij grotere groepen zich opsplitsen in kleinere eenheden (Boyd, 1981; Dickinson, 1994). Vrouwelijke geiten gebruiken volgens O'Brien (1983;1988) vaak vaste locaties als nachtkamp, wat wijst op een voorkeur voor vertrouwde, veilige omgevingen en wat mogelijk bijdraagt aan groepscohesie.

3.10.2 Waakzaam gedrag

Waakzaamheid is een andere essentiële vorm van zelfbeschermingsgedrag bij geiten. Deze vorm van gedrag is evolutionair ingebed als overlevingsmechanisme en komt zowel voor als reactie op externe bedreigingen als in de context van sociale informatieverwerking. Er wordt onderscheid gemaakt tussen antipredator-waakzaamheid en sociale waakzaamheid (Beauchamp, 2015). Antipredator-waakzaamheid betreft het gericht scannen van de omgeving door het hoofd boven schouderhoogte te heffen. Sociale waakzaamheid richt zich op het observeren van groepsgenoten.

Durawo (2016) toonde aan dat Nguni-geiten in Zuid-Afrika meer tijd besteedden aan antipredator-waakzaamheid dan aan sociale waakzaamheid, met een hogere frequentie op vlak terrein dan in bergachtige gebieden.

Tevens bleek dat grotere kudde meer waakzaamheid met gelijktijdig herkauwen vertoonden, wat suggereert dat groepsmaat een modulerende factor vormt. Leeftijd had in deze studie geen significante invloed.

Shi et al. (2010) onderzochten waakzaam gedrag bij verwilderde geiten op het eiland Rum. Zij stelden vast dat hoewel de predatiedruk laag was, geiten in grotere groepen minder tijd besteedden aan waakzaamheid. Het nadeel van toegenomen voedselconcurrentie werd mogelijk gecompenseerd door het veiligheidsvoordeel van de groepsmaat. Deze observaties impliceren dat waakzaamheid niet louter afhankelijk is van dreigingsniveau, maar ook van sociale en ecologische context.

Bij het waarnemen van een acute dreiging, zoals een naderende predator, zoeken geiten actief de nabijheid van soortgenoten (zie ook Paragraaf 3.2 over sociaal gedrag), of trekken zij zich terug in veilige zones. Alarmroepen, zoals een nasale snuif ("snort"), functioneren als vocale signalen om andere groepsleden te waarschuwen (Shi et al., 2005). Dergelijke stressgerelateerde vocalisaties spelen een rol in de coördinatie van collectieve vlucht- of verdedigingsstrategieën. Als de dreiging afkomstig is van soortgenoten (bijvoorbeeld in het kader van voedercompetitie), kunnen geiten reageren met agonistisch gedrag, zoals beschreven in de sectie over voeropnamegedrag (Paragraaf 3.8.3).

3.10.3 Behoeften en ontwerpeisen

Op de vraag 'wat wil de geit?' met betrekking tot zelfbeschermingsgedrag, kunnen op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten en de criteria voor basis- en facultatieve behoeften (zie Paragraaf 3.1.3) de volgende conclusies worden getrokken.

3.10.3.1 Gedragmatige classificatie van zelfbeschermingsgedrag bij geiten

Zelfbeschermingsgedrag bij geiten omvat gedragingen die gericht zijn op het vermijden van gevaar, het vergroten van veiligheid en het behouden van fysieke integriteit. Dit gedrag komt tot uiting in het gebruik van schuilplaatsen zoals grotten, het zoeken van beschutting bij ongunstige weersomstandigheden, het handhaven van waakzaamheid en het opzoeken van veilige posities in reactie op mogelijke dreiging. De gedragingen zijn sterk beïnvloed door de natuurlijke omgeving en vormen een cruciaal onderdeel van het adaptieve vermogen van geiten om zich staande te houden in risicovolle omstandigheden.

Op basis van de gedragmatige classificatiecriteria kan worden vastgesteld dat zelfbeschermingsgedrag meerdere kenmerken van een basisbehoefte vertoont. Allereerst is het gedrag universeel: alle geiten vertonen vormen van vermijdingsgedrag, schuilen of waakzaamheid, ongeacht leeftijd, geslacht of huisvestingstype. Daarnaast is sprake van een endogene motivatie, in de zin dat het gedrag niet alleen wordt uitgelokt door directe bedreigingen, maar ook door intern gegenereerde waakzaamheid en onzekerheid. Zelfs bij afwezigheid van acuut gevaar blijven geiten alert en vertonen zij, bijvoorbeeld in open vlaktes, verhoogde waakzaamheid.

Belemmering van zelfbeschermingsgedrag kan leiden tot welzijnsproblemen. Als geiten geen beschutte plekken kunnen opzoeken bij regen of wind, onderbreken zij hun natuurlijke activiteiten ook als dat leidt tot een verminderd comfort en lagere voeropname. Ook kan een gebrek aan mogelijkheden om zich terug te trekken bij sociale stress of dreiging tot verhoogde spanning of agressie leiden. Hoewel er geen direct bewijs is van een reboundeffect zoals bij sommige andere gedragingen, wijst het consistente gebruik van beschutte locaties — wanneer deze wel beschikbaar zijn — op een aanhoudende motivatie tot zelfbescherming.

Zelfbeschermingsgedrag is zelfbelonend in de zin dat het leidt tot een verhoogd gevoel van veiligheid en controle over de omgeving — beide fundamenteel voor het welzijn van prooidieren. De bevrediging die voortvloeit uit het succesvol vermijden van dreiging of ongemak draagt bij aan een positieve affectieve toestand. Gezien de universele aard, het endogene karakter en de negatieve effecten van belemmering, kan zelfbeschermingsgedrag bij geiten worden aangemerkt als een gedragmatige basisbehoefte.

3.10.3.2 Ontwerpeisen

Om geiten in staat te stellen hun natuurlijke zelfbeschermingsgedrag uit te voeren en daarmee hun gevoel van veiligheid te behouden, gelden de volgende ontwerpeisen:

Toegang tot beschutte en veilige ligplaatsen: Voorzie binnen- en buitenverblijven van voldoende schuilmogelijkheden, zoals hoeken, muren, verhoogde platforms of overkappingen, waar geiten zich fysiek kunnen afzonderen en beschermd zijn tegen weersomstandigheden en sociale situaties.

Schuilplekken bij buitenverblijf: Ontwerp buitenuitlopen zodanig dat geiten ook daar beschutting kunnen zoeken tegen regen, wind of zon. Rotsblokken, verhoogde objecten of houten structuren kunnen hierbij effectief zijn.

Voldoende ruimte voor vermijdingsgedrag: Zorg voor voldoende oppervlakte en ontsnappingsroutes, zodat geiten sociale confrontaties kunnen vermijden en de onderlinge afstand kunnen reguleren. Dit is in het bijzonder van belang bij gehoornde dieren of bij instabiele groepssamenstellingen.

Begrenzing van visuele en akoestische stressoren: Bescherm geiten tegen visuele prikkels zoals verkeer of onbekende mensen, en voorkom overmatige lawaaioverlast in of nabij de stal.

Stimulering van waakzaam gedrag: Zorg voor overzichtelijke maar ook gevarieerde leefomgevingen waarin geiten hun omgeving kunnen scannen en zich indien gewenst kunnen terugtrekken. Vermijd volledig kale of open ruimten zonder dekking.

Sociale stabiliteit: Houd sociale groepen stabiel om het aantal potentieel stressvolle interacties te minimaliseren, zodat waakzaamheid niet structureel ten koste gaat van voeropname en rust.

3.11 Spelgedrag

Spelgedrag wordt beschouwd als een belangrijk onderdeel van de gedragsontwikkeling van geitenlammeren en wordt in toenemende mate erkend als een uiting van positieve gemoedstoestanden en een indicatie van goed welzijn.

3.11.1 Vertonen van spelgedrag

De definitie van spelgedrag blijft evenwel complex. Schank et al. (2023) wijzen op de moeilijkheid om spel eenduidig te definiëren op een manier die recht doet aan de evolutionaire variatie tussen diersoorten. De beschrijving van Burghardt (2005) geldt als breed aanvaarde referentie en benoemt vijf kenmerken van spelgedrag: (1) herhaald maar niet stereotiep gedrag tijdens een specifieke ontwikkelingsfase; (2) gedeeltelijke disfunctionaliteit in structuur; (3) afwezigheid van directe overlevings- of voortplantingswaarde; (4) intrinsieke motivatie; en (5) voorkomen bij afwezigheid van urgente behoeften of stressoren.

Volgens Burghardt (2005) speelt spelgedrag een belangrijke rol in de ontwikkeling van fysieke coördinatie, zintuiglijke integratie, cognitieve flexibiliteit en sociale vaardigheden, met name in omgevingen die ecologisch variabel zijn. Schank et al. (2023) suggereren dat spel bijdraagt aan het structureren van de, voor jonge dieren chaotische omgeving, wat zowel de voorspelbaarheid van de omgeving als het aanpassingsvermogen van de dieren vergroot. Spelgedrag bij geiten kan worden onderverdeeld in locomotorisch spel (rennen, springen, draaien), sociaal spel (interactieve speelse gedragingen met soortgenoten) en objectspel (manipuleren of exploreren van voorwerpen), maar komt vaak voor in mengvormen (Pellegrini et al., 2007; Schank et al., 2023). Zoals bij veel zoogdieren vertoont het voorkomen van spelgedrag de vorm van een omgekeerde U-curve een piek tijdens de jeugd (Burghardt, 2005; Pellegrini et al., 2007).

Hoewel systematische observaties van spelgedrag bij geitenlammeren beperkt zijn, wijzen diverse studies op de relevantie ervan voor welzijn. Tölü et al. (2016) definieerden spelgedrag bij Turkse Saanen-lammeren als op en neer springen tijdens het rennen zonder duidelijke aanleiding, waarbij zij interacties met soortgenoten of gedrag dat lijkt op paring buiten beschouwing lieten. Ook bij volwassen geiten werden in een andere studie alleen spring- en bokgedrag als spelgedrag geclassificeerd, terwijl stoten en bijten als agressie werden aangemerkt (Bøe et al., 2012).

Hierdoor verschilt de afbakening van spelgedrag sterk tussen studies en is vergelijking problematisch. Slechts Kiddle (2021) ontwikkelde een gedetailleerd en gevalideerd ethogram dat spelgedrag van lammeren systematisch beschrijft.

Onderzoek naar het reboundeffect van spelgedrag toont aanwijzingen voor intrinsieke motivatie. In een experimentele studie van Chepko (1971) lieten lammeren meer en gevarieerder spelgedrag zien na een periode van onthouding, waaronder rennen, bokken, interactie met objecten en speelse gevechten. Hoewel de steekproefomvang (n=5 lammerparen; controle en behandeling) beperkt was, wijzen de resultaten op een verhoogde motivatie na restrictie. In een vergelijkbare studie van Holt (2018) met Noorse melkgeiten werd na opsluiting geen reboundeffect waargenomen; de geiten vertoonden meer waakzaamheid dan spel, vermoedelijk door onzekerheid. Wel leidde omgevingsverrijking (met objecten zoals een brug en een bal) tot een toename van spelgedrag, al nam dit gedrag na herhaald gebruik af. In grotere groepen nam het spelgedrag toe en nam waakzaamheid af, wat wijst op het belang van sociale context (Holt, 2018).

Onder lammeren in een verrijkte omgeving werd een breder gedragsrepertoire geobserveerd, waaronder vormen van 'object play' zoals 'wall play' (tegen een wand opstaan) (Tölü et al., 2016; Kiddle, 2021). Deze studies ondersteunen dat spelgedrag meer is dan een willekeurige activiteit: het weerspiegelt welzijn, energie-overschot, sociale dynamiek en cognitieve stimulatie.

3.11.2 Spelen in relatie tot ruimte en omgeving

Hoewel specifiek onderzoek naar de ruimtelijke eisen voor spelgedrag bij geitenlammeren ontbreekt, geven vergelijkbare studies bij andere herbivoren belangrijke aanwijzingen. Zo toonden Jensen et al. (Jensen et al., 1998) aan dat locomotorisch spelgedrag bij kalveren significant afnam in kleine binnenruimtes, wat suggereert dat voldoende fysieke ruimte een voorwaarde is voor het vertonen van dit type spel. Aangezien geiten, net als kalveren, energiek locomotorisch spelgedrag vertonen zoals rennen, springen en draaien, ligt het voor de hand dat ook bij geiten een minimale ruimte nodig is om dit gedrag volledig tot uiting te laten komen.

Het belang van voldoende ruimte wordt onderstreept door studies bij verwante soorten, zoals de Siberische steenbok. Hieruit blijkt dat mannelijke lammeren vaker speelden met andere mannelijke lammeren, vooral met verwanten, en dat sociaal spel vaker op vlak terrein plaatsvond, terwijl locomotorisch spel meer op hellingen werd geobserveerd (Byers, 1977, 1980). Deze observaties suggereren dat de aard van het spelgedrag mede bepaald wordt door het terrein, en dat topografische variatie — zoals hellingen of obstakels — het fysieke en motorische repertoire van jonge dieren stimuleert.

Ook ondergrond blijkt van invloed op spel. In een experimentele studie vergeleek Kiddle (2021) het spelgedrag van lammeren op houtkrullen en op metalen roostervloeren. Lammeren op houtkrullen vertoonden significant vaker speelse gedragingen zoals 'mounting play' (bespringen) en speels kopduwen. Deze gedragingen vereisen een zekere stabiliteit van de ondergrond en worden mogelijk onderdrukt op gladde of harde vloeren vanwege het risico op uitglijden of letsel. Voor andere spelvormen zoals kopbewegingen of 'wall play' (tegen de wand opstaan) werden geen ondergrondsgerelateerde verschillen gevonden. De bevindingen suggereren dat bepaalde onderdelen van het spelgedrag contextgevoelig zijn en afhangen van de fysieke eigenschappen van de omgeving waarin lammeren worden gehouden. De rol van verrijking blijkt eveneens cruciaal. Holt (2018) vond dat het aanbieden van eenvoudige verrijkingselementen zoals een houten brug met een bal of een emmer met stokken leidde tot een duidelijke toename in het aantal speelse gedragingen. De mate van betrokkenheid bij spel nam echter af bij herhaald gebruik, wat erop duidt dat de motivatie voor exploratie en spel mede wordt gestuurd door nieuwheid en complexiteit van de omgeving.

Al met al tonen de beschikbare gegevens aan dat spelgedrag van geitenlammeren gevoelig is voor de fysieke, sociale en sensorische context. Voldoende ruimte, geschikte ondergrond en verrijkingselementen zijn noodzakelijke voorwaarden om het volledige gedragsrepertoire tot uiting te laten komen en daarmee te voorzien in een belangrijke gedragsmatige behoefte.

3.11.3 Behoeften en ontwerpeisen

Op de vraag 'wat wil de geit?' met betrekking tot speelgedrag, kunnen op basis van de huidige wetenschappelijke inzichten en de criteria voor basis- en facultatieve behoeften de volgende conclusies worden getrokken.

3.11.3.1 Gedragmatige classificatie van spelgedrag bij geiten

Spelgedrag bij geiten, in het bijzonder bij lammeren, is een terugkerend maar contextafhankelijk fenomeen dat wordt beschouwd als indicatief voor een positieve affectieve toestand en goede welzijnsomstandigheden. Hoewel spelgedrag per definitie geen directe functie heeft voor overleving of reproductie, vervult het een belangrijke rol in de ontwikkeling van motorische, sociale en cognitieve vaardigheden. Spel bij geiten kent verschillende vormen — waaronder locomotorisch spel (rennen, springen), sociaal spel (kopduwen, achtervolgen) en objectspel (interactie met voorwerpen) — die vaak in combinatie optreden.

Op basis van de gedragmatige classificatiecriteria voldoet spelgedrag deels aan de kenmerken van een basisbehoefte, maar in sterkere mate aan die van een facultatieve behoefte. Spelgedrag komt bij vrijwel alle geitenlammeren voor in een bepaalde ontwikkelingsfase, wat wijst op een zekere universaliteit. Ook is het gedrag endogeen gemotiveerd: het komt spontaan voor bij gezonde lammeren zonder directe externe aanleiding, vooral wanneer er geen concurrerende gedragingen zoals foerageren of vluchten plaatsvinden.

Vanuit welzijnsperspectief is vooral het reboundeffect van belang. Aangetoond is dat lammeren die tijdelijk geen gelegenheid hadden om te spelen, na hernieuwde toegang tot een speelruimte meer en intensiever speelden dan controledieren. Hoewel de studie waarin dit is geconcludeerd slechts een kleine steekproef omvatte, ondersteunt deze bevinding het idee dat spelgedrag een intrinsieke motivatie weerspiegelt. In recenter onderzoek bleek spelgedrag eveneens te worden gestimuleerd door groepsgrootte en omgevingsverrijking, wat erop wijst dat het gedrag gevoelig is voor sociale en fysieke omstandigheden.

Tegelijkertijd zijn er geen aanwijzingen dat het belemmeren van spelgedrag schadelijk is, en wanneer er belemmeringen zijn lijken geitenlammeren spelgedrag eenvoudig op te geven. Het treedt vooral op bij een overschot aan energie, bij afwezigheid van stress en onder veilige omstandigheden. Spel wordt dan ook vooral waargenomen bij jonge geiten en is sterk contextafhankelijk — bij dreiging of in krappe, kale huisvesting komt het nauwelijks voor.

Geconcludeerd kan worden dat spelgedrag bij jonge geiten voldoet aan meerdere criteria voor facultatieve gedragsbehoeften: het komt frequent voor, is motiverend, plezierig en draagt bij aan fysieke, sociale en cognitieve ontwikkeling. Hoewel het bij uitstek afhankelijk is van omgevingsomstandigheden, is het optreden van spelgedrag een waardevolle indicator van positief welzijn.

3.11.3.2 Ontwerpeisen

Om spelgedrag bij geitenlammeren mogelijk te maken en daarmee in deze gedragmatige behoefte te voorzien, gelden de volgende ontwerpeisen:

Voldoende vrije ruimte: Zorg voor een ruim opgezet verblijf met minimaal 1,5–2,0 m² per lam in de speelfase, met extra ruimte voor rennen, draaien en springen. Bewegingsruimte bevordert locomotorisch spel.

Veilige en stimulerende ondergrond: Voorzie de speelomgeving van een zachte, niet-gladde ondergrond (zoals houtkrullen), die steun biedt bij plotselinge bewegingen en vallen voorkomt. Vermijd metalen roostervloeren in de speelzone.

Verrijking met objecten en hoogteverschillen: Bied gevarieerde objecten (bruggetjes, platforms, ophangobjecten) aan die klimmen, springen en exploratie stimuleren. Ververs of herpositioneer deze elementen regelmatig om gewenning te voorkomen.

Gunstige groepssamenstelling: Houd lammeren bij voorkeur in groepen van voldoende omvang (>5 dieren) en vergelijkbare leeftijd om sociale spelinteracties mogelijk te maken. Vermijd overbezetting en sociale stress.

Beperking van stressoren: Minimaliseer factoren zoals lawaai, ruw hanteren en plotselinge veranderingen, die spelgedrag onderdrukken. Zorg voor voorspelbaarheid in het dagelijkse management.

Toezicht op welzijn en spelgedrag: Observeer de frequentie en aard van spelgedrag als aanvullende indicator van welzijn. Afwezigheid van spel bij jonge dieren kan wijzen op onderliggende problemen in huisvesting of gezondheid.

3.12 Gezondheid en ziekte bij geiten

Gezondheid vormt een fundamenteel aspect van het welzijn van dieren. Ziekte wordt gedefinieerd als elke fysieke of mentale aandoening die leidt tot functieverlies op het niveau van een lokaal weefsel, een orgaan, een systeem of het gehele organisme (Stilwell & Lopes Vieira, 2024). Een uitputtende bespreking van de gezondheidszorg bij geiten valt buiten het bestek van dit onderzoek. Daarvoor verwijzen wij graag naar het hoofdstuk "*Enhancing animal welfare through disease prevention in goats*" in *The Welfare of Goats* (Mattiello & Battini, 2024) dat een actueel en overzichtelijk kader biedt van de meest voorkomende aandoeningen bij geiten, inclusief hun impact op het welzijn van dieren van verschillende leeftijden. Voor meer diepgaande informatie wordt verwezen naar Rana (2024a; 2024b).

Vanwege hun aard als prooidier zijn tekenen van ziekte of pijn bij geiten vaak subtiel en moeilijk waarneembaar. Deze gedragsmatige terughoudendheid heeft evolutionaire waarde: door symptomen van zwakte te verbergen, verkleinen geiten de kans om door roofdieren als doelwit te worden gekozen (Kata et al., 2015). In de context van domesticatie vormt dit echter een uitdaging voor het tijdig signaleren van gezondheidsproblemen, met name door onervaren verzorgers. In tegenstelling tot runderen of schapen, kunnen geiten bij acute pijn of stress relatief luidruchtig of heftig reageren, terwijl ze bij chronisch ongemak of langdurige aandoeningen vaak juist teruggetrokken gedrag vertonen (Kata et al., 2015).

Gedragsindicatoren van pijn of ziekte bij geiten zijn onder meer verminderde activiteit, apathie, sociaal isolement, afwijkende lichaamshouding, overmatig of langdurig liggen, afwijkend bewegingspatroon, verminderde eetlust, gereduceerde herkauwactiviteit, tandenknarsen, gespannen of samengeknepen gezichtsspieren, hangende oren, wijde neusgaten, en versnelde, oppervlakkige ademhaling. Ook veranderingen in gemoedstoestand of het uitblijven van normaal nieuwsgierig gedrag kunnen wijzen op ongemak of ziekte.

Voor het waarborgen van een goede gezondheid is het van belang dat geiten worden gehuisvest in een veilige, overzichtelijke omgeving die verwondingen voorkomt en stress minimaliseert. Bovendien wijst onderzoek uit dat positieve associaties van dieren met mensen, bijvoorbeeld als gevolg van beloning (voeren, vachtverzorging) van het dier door de mens, bijdragen aan een verbeterde gezondheid, hogere productie en een positievere houding van geiten ten opzichte van hun verzorgers (Nawroth, 2017). Preventie van ziekte door middel van adequate huisvesting, goede voeding, hygiëne en vroegtijdige herkenning van afwijkend gedrag vormt dan ook een belangrijke pijler binnen het streven naar goed geitenwelzijn.

De gezondheidstoestand van geiten (*Capra hircus*) heeft een directe en wezenlijke invloed op hun welzijn. Ziekten leiden tot pijn, fysiek ongemak, verminderde eetlust, sociale terugtrekking en gedragsveranderingen, en kunnen zich manifesteren in uiteenlopende vormen. De belangrijkste ziektes worden ingedeeld in metabole stoornissen, bacteriële en virale infecties en parasitaire besmettingen (Stilwell & Lopes Vieira, 2024).

De preventie van ziekten is essentieel voor het waarborgen van het welzijn van geiten. Gezien hun subtiële symptoomexpressie en snelle ziektedynamiek, vraagt ziektepreventie bij geiten om een proactieve benadering gericht op voeding, hygiëne, huisvesting en management. Hieronder worden per aandoening de belangrijkste preventieve strategieën kort toegelicht.

3.12.1 Preventie van metabole stoornissen

Metabole ziekten bij geiten zijn veelal het gevolg van nutritionele onevenwichtigheden of fysiologische stress, en kunnen leiden tot ernstige verstoringen in het welzijn en functioneren.

3.12.1.1 Drachttoxemie

Deze aandoening, ook bekend als zwangerschapsketose, treedt vooral op in de laatste weken van de dracht, met name bij meerlingdracht. Hoewel beide stofwisselingsziekten zijn die te maken hebben met energietekort en vetmobilisatie en gekenmerkt worden door ketose, is slepende melkziekte een aandoening die na de partus optreedt, met name bij melkkoeien, terwijl drachttoxaemie een probleem is dat vooral voor de geboorte in de laatste fase van de dracht optreedt bij kleine herkauwers zoals geiten. In beide gevallen is er sprake van negatieve energiebalans resulterend in ketose en hypoglycemie. Klinische symptomen zijn lethargie, verminderde eetlust, verminderde mobiliteit, neurologische afwijkingen en in ernstige gevallen coma en sterfte. Drachttoxaemie is een belangrijke bron van fysiologische stress bij drachtige geiten en vereist tijdige interventie door middel van monitoring en rantsoenoptimalisatie (Stilwell & Lopes Vieira, 2024).

Preventie: Drachttoxemie ontstaat door een negatieve energiebalans bij hoogdrachtige geiten, vooral bij meerlingdracht. De aandoening wordt gekenmerkt door een acute negatieve energiebalans doordat de vergrote uterus de voeropname beperkt terwijl de energiebehoefte exponentieel stijgt. Preventie berust op een nauwgezette voederstrategie in de late dracht. Dit houdt in: het tijdig verhogen van de energiedichtheid van het rantsoen, het monitoren van de lichaamsscore en het vermijden van plotselinge rantsoenveranderingen (Giger-Reverdin & Gihad, 1991; Stilwell & Lopes Vieira, 2024). Extra aandacht is geboden bij oudere, zware of meerlingdragende dieren. Vroegtijdige detectie van anorexie of apathie is cruciaal.

3.12.1.2 Pensverzuring

Acute of subacute ruminale acidose ontstaat door overmatige opname van snel fermenteerbare koolhydraten, zoals granen. Dit verlaagt de pH van de pens, wat resulteert in verminderde pensmotiliteit, buikpijn, diarree, uitdroging en algehele lusteloosheid. Chronische acidose kan leiden tot klauwaandoeningen, afname van de voeropname en verminderde melkproductie (Desnoyers et al., 2008).

Preventie: Pensverzuring is te voorkomen door rantsoenen te formuleren met een uitgebalanceerde verhouding tussen ruwvoer en krachtvoer, bij voorkeur met voldoende structuur (>20% Neutral Detergent Fibre op droge stofbasis) en een geleidelijke introductie van energierijke voeders. Langere haksellengtes stimuleren herkauwactiviteit en speekselproductie, wat de pens pH helpt bufferen (Lu, 1987; Abijaoudé et al., 2000). Meervoudige dagelijkse voergiften en gelijktijdige toegang tot voer voor alle geiten verminderen het risico op selectief eetgedrag.

3.12.2 Preventie van bacteriële infecties

Bacteriële ziekten kunnen bij geiten verschillende orgaansystemen aantasten en zijn veelal geassocieerd met pijn, ontsteking en functionele beperkingen.

3.12.2.1 Enterotoxaemie

Enterotoxaemie is een ernstige, vaak fatale darmaandoening bij lammeren en geiten die veroorzaakt wordt door toxinen van de bacterie *Clostridium perfringens*. *Clostridium perfringens* is een anaerobe bacterie die normaal voorkomt in het darmkanaal van gezonde dieren. Onder bepaalde omstandigheden (zoals een plotselinge verhoging van beschikbare zetmelen of suikers in de darm, bijv. na krachtvoeraanpassing of veel melkopname) kan de bacterie zich explosief vermeerderen en beginnen met de productie van toxines. De ziekte kent vaak een peracut verloop, vooral bij goed gevoede, snelgroeiende jonge dieren en leidt tot acute diarree, abdominale pijn, spierspasmen en plotselinge sterfte. De aandoening treedt vaak na rantsoenveranderingen op of na overconsumptie van zetmeelrijk voer (Stilwell & Lopes Vieira, 2024).

Preventie: Preventie van enterotoxaemie berust op routinematige vaccinatie, met name bij jonge dieren en hoogproductieve melkgeiten.

Een correct vaccinatieschema (vaak tweemaal met booster) dient te worden gecombineerd met een stabiel, vezelrijk dieet zonder plotselinge voerwisselingen (Stilwell & Lopes Vieira, 2024). Overvoeding met krachtvoer en onregelmatige voerverstrekking vergroten het risico aanzienlijk.

3.12.2.2 Klauwproblemen

Voetrot en klauwabcessen zijn het gevolg van vochtige en vervuilde stalomstandigheden. Klinische verschijnselen omvatten kreupelheid, pijn en verminderde voeropname. De aandoening bevordert sociaal isolement en stress (Barroso et al. 2000). Regelmatige klauwverzorging en hygiëne zijn essentieel in de preventie (Stilwell & Lopes Vieira, 2024).

Preventie: Voorkómen van voetrot en klauwabcessen vereist droge, schone bodembedekking, regelmatige klauwverzorging (elke 6–8 weken) en het vermijden van overbezetting. Betonnen vloeren dienen te worden voorzien van voldoende strooisel of rubber om vochtretentie te minimaliseren (Giger-Reverdin & Sauvan, 1991). Op bedrijven met verhoogd risico kunnen voetbaden met zinksulfaat of formaline preventief worden ingezet.

3.12.2.3 Caseous Lymfadenitis (CL)

Deze chronische ziekte, veroorzaakt door *Corynebacterium pseudotuberculosis*, leidt tot abcessen in lymfeklieren, pijn, gewichtsverlies en verminderde melkproductie. CL is moeilijk te behandelen; overdracht vindt plaats via contact met pus en besmette oppervlakken. Vaccinatie tegen CL geeft geen honderd procent bescherming en is in Nederland niet toegestaan³⁸. De preventie richt zich op het voorkomen van insleep en het uitsluitend aankopen van dieren van gecertificeerde bedrijven. De Gezondheidsdienst voor Dieren adviseert bij bevestigde besmetting het afvoeren van getroffen dieren, individueel of als koppel.

Preventie: Preventie van CL vereist strikte bioveiligheid. Nieuwe dieren dienen individueel getest en minimaal 30 dagen geïsoleerd te worden voor integratie in de koppel. Alle abcessen dienen als potentieel infectieus te worden beschouwd; hygiënische drainage of euthanasie van getroffen dieren is noodzakelijk. Omdat vaccinatie in Nederland niet is toegestaan, berust de controle volledig op testbeleid en afvoer van positieve dieren (Stilwell & Lopes Vieira, 2024).

3.12.2.4 Paratuberculose (Johne's disease)

Een chronische enteritis veroorzaakt door *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* (MAP), waarbij symptomen pas lang na besmetting optreden (na 1,5–5 jaar). MAP veroorzaakt geleidelijk gewichtsverlies, lusteloosheid en sterfte. MAP wordt vooral via mest of stof oraal overgedragen. Geitenbiest en –melk blijken geen relevante risicofactoren voor de overdracht van de paratuberculose-bacterie van geiten naar lammeren die opgroeien in een met MAP besmet milieu (Lievaart-Peterson et al., 2017. Hoewel actuele landelijke prevalentiecijfers ontbreken, toonde onderzoek in 2012 aan dat op ruim 78 tot 86% van de Nederlandse melkgeitenbedrijven besmet was met paratuberculose, waarbij gemiddeld 4 tot 9% van de dieren per besmet bedrijf positief testte (Lievaart-Peterson, 2013).

Preventie: Preventie is gericht op het doorbreken van de fecaal-orale besmettingscyclus. Op besmette en risicobedrijven vereist dit de systematische scheiding van lammeren van volwassen geiten, bij voorkeur via moederloze opfok direct na de geboorte. Lammeren mogen geen contact hebben met mest of spenen van volwassen dieren. Biest moet afkomstig zijn van negatieve dieren of worden gepasteuriseerd (Lievaart-Peterson et al., 2017; Steuer et al., 2021). Bedrijfshygiëne, mestbeheer en aankoopbeleid zijn van cruciaal belang. Vaccinatie voorkomt klinische verschijnsel, maar gevaccineerde dieren kunnen nog steeds geïnfecteerd raken en de infectie verspreiden naar andere dieren.

3.12.2.5 Mastitis

Uierontstekingen, meestal veroorzaakt door *Staphylococcus aureus* of *Escherichia coli*, leiden tot pijn, koorts en verminderde melkproductie. Indien lammeren bij de geit worden gelaten leiden uierontstekingen tot een verminderde biest- of melkopname bij de lammeren. Vroege detectie, goede uierhygiëne en preventieve managementmaatregelen zijn essentieel om pijn en productieverlies te minimaliseren (Stilwell & Lopes Vieira, 2024).

³⁸ <https://www.gddiergezondheid.nl/Diergezondheid/Dierziekten/CL> (geraadpleegd juli 2025).

Preventie: Preventie van mastitis berust op goede uierhygiëne, een schoon ligoppervlak, correct melken (geen overmelken of trauma) en het tijdig opsporen van uilveranderingen. Regelmatig controleren van de melk op klonten of vlokken en het monitoren van celgetallen helpt subklinische infecties tijdig te detecteren. Ook het gebruik van melkmachine-instellingen op soortspecifieke waarden is belangrijk (Stilwell & Lopes Vieira, 2024).

3.12.3 Preventie van virale infecties

Virale aandoeningen kunnen een acuut of chronisch verloop hebben, met verstrekkende gevolgen voor individuele dieren en kuddes.

3.12.3.1 Caprine Arthritis Encephalitis (CAE)

Deze lentivirusinfectie veroorzaakt bij volwassen geiten chronische artritis en bij jonge geiten encephalitis. Klinisch beeld: kreupelheid, gewrichtsverdikking, pijn en verlamming. Overdracht vindt plaats via melk en nauw contact tussen geiten. Behandeling ontbreekt; moederloze opfok op besmette bedrijven is noodzakelijk om transmissie te voorkomen (Brotto Rebuli et al., 2021).

Preventie: Preventie van CAE vereist moederloze opfok van lammeren van besmette moeders, bij voorkeur met gepasteuriseerde biest of kunstbiest. Kruisbesmetting via melk, speenemmers of contact tussen lammeren en volwassen dieren moet worden vermeden (Brotto Rebuli et al., 2021). Monitoring via bloedonderzoek en het afvoeren van positieve dieren vormen de kern van preventie op CAE-vrije bedrijven.

3.12.3.2 Besmettelijke ecthyma (Orf)

Orf veroorzaakt laesies op lippen, neus en uier, met als gevolg pijn, verminderde voeropname en stress. De ziekte is zelflimiterend, maar vereist vaak wondverzorging en pijnbestrijding. Orf is zoönotisch: ook mensen kunnen geïnfecteerd raken, wat pijnlijke huidlaesies tot gevolg heeft (Stilwell & Lopes Vieira, 2024).

Preventie: Orf kan grotendeels worden voorkomen door wondverzorging, het vermijden van ruwe oppervlakken en het beperken van contact tussen besmette en gevoelige dieren. Reiniging en desinfectie van voerhekken en drinkvoorzieningen zijn noodzakelijk. Hoewel vaccinatie beschikbaar is in sommige landen, wordt deze zelden routinematig toegepast vanwege de beperkte duur van de immuniteit en risico op milde besmetting bij mensen (zoönose) (Stilwell & Lopes Vieira, 2024).

3.12.4 Preventie van parasitaire besmettingen

Parasieten beïnvloeden zowel de interne als externe gezondheid van geiten en kunnen ernstige welzijnsschade veroorzaken.

3.12.4.1 Maagdarmwormen (*Haemonchus contortus*)

Dieren die worden geweid lopen een groter risico op een besmetting met maagdarmwormen. Hoewel het besmettingsrisico bij geiten die permanent binnen worden gehouden doorgaans lager is dan bij geiten met weidegang, berust het idee dat alleen weidegang leidt tot wormbesmetting op een misverstand. Ook via besmet voer, contact met besmette mest en via besmette dieren kunnen binnengehouden geiten besmet raken. De bloedzuigende nematode *Haemonchus contortus* veroorzaakt ernstige anemie, lethargie en sterfte bij met name jonge dieren. De mate van besmetting kan worden gemonitord via de FAMACHA-score en mestonderzoek. Selectieve ontworming is cruciaal om resistentie te voorkomen (Hoste et al., 2011).

Preventie: Preventie van worminfecties vereist strategisch weidebeheer, rotatiebegrazing, en mestonderzoek (bijv. FEC-analyse). Selectieve behandeling op basis van de FAMACHA-score voorkomt onnodig gebruik van anthelmintica en vertraagt resistentieontwikkeling (Hoste et al., 2011). Jonge dieren dienen extra bescherming te krijgen vanwege hun lagere immunocompetentie.

3.12.4.2 Externe parasieten (mijten en luizen)

Huidparasieten leiden tot jeuk, krabben, huidontstekingen en secundaire infecties. Chronische stress en verminderde voeropname kunnen volgen. Behandeling met insecticiden en quarantaine van nieuwe dieren zijn belangrijke preventieve strategieën (Stilwell & Lopes Vieira, 2024).

Preventie: Preventie van ectoparasitaire besmettingen begint met quarantaine van aangekochte dieren en regelmatige inspectie van huid en vacht. Strooisel dient regelmatig te worden verversd, vooral in winterstalperiodes. Behandeling met spot-on producten of injecteerbare antiparasitaire middelen is geïndiceerd bij besmetting. Integratie van hygiëne, ventilatie en ruimtelijke scheiding zijn essentieel (Stilwell & Lopes Vieira, 2024).

3.13 Overige onderwerpen

In de volgende paragrafen wordt een overzicht gepresenteerd van onderwerpen die, hoewel zij niet rechtstreeks als gedragsmatige of fysiologische behoeften van melkgeiten kunnen worden aangemerkt, wel in verband worden gebracht met het welzijn van deze dieren. Deze thema's vormen bovendien een integraal onderdeel van gangbare praktijkvormen binnen de hedendaagse melkgeitenhouderij. De bespreking is gebaseerd op relevante literatuur en heeft tot doel inzicht te bieden in factoren die het welzijn van melkgeiten indirect kunnen beïnvloeden.

3.13.1 Duurmelken

Duurmelken, ook aangeduid als verlengde lactatie, is een gangbare praktijk op vrijwel alle Nederlandse melkgeitenbedrijven (Roskam et al., 2025). Deze strategie houdt in dat melkgeiten langer dan zestien maanden gemolken worden zonder opnieuw te hoeven aflammeren (Berthelot et al., 2024b). In de Nederlandse praktijk wordt doorgaans gekozen om alle éénjarige geiten af te laten lammeren, aangevuld met een selectie van twee- en driejarige dieren op basis van melkproductie en de behoefte aan jongvee (Roskam et al., 2025).

Internationaal vertoont duurmelken variatie in duur en toepassing. In Frankrijk wordt een lactatie als verlengd beschouwd wanneer deze langer duurt dan 485 dagen (De Cremoux et al., 2024), terwijl in Nieuw-Zeeland duurmelkperiodes tussen 305 en 670 dagen voorkomen (Boshoff et al. 2024). In de vroege lactatiefase ondergaan de melkklieren van geiten substantiële weefselgroei. In tegenstelling tot koeien stimuleert het melken bij geiten de afgifte van somatotropine, wat de vernieuwing van melkvormende cellen tijdens de lactatie bevordert. Hierdoor is een droogstand bij geiten, fysiologisch gezien, niet altijd noodzakelijk (Capuco et al., 2003).

Oorspronkelijk werd duurmelken vooral ingezet om seizoensgebonden vruchtbaarheidsproblemen te ondervangen en vroegtijdige afvoer van dieren te voorkomen. Inmiddels wint deze strategie aan populariteit vanwege haar economische en praktische voordelen, zoals een meer gelijkmatige melkproductie gedurende het jaar, minder geboorte gerelateerde gezondheidsrisico's, een afname in het aantal lammeren en daarmee minder bokjes met beperkte marktwaaarde en een geringere arbeidsbehoefte (Boshoff, 2023; Meijer et al., 2021).

Duurmelken heeft invloed op zowel het individuele dier als het bedrijfsmanagement. Jongere geiten profiteren van een verlengde lactatie doordat hun groei minder wordt verstoord en metabole belasting beperkt blijft, terwijl bij oudere dieren de risico's rondom het aflammeren kunnen worden vermeden. Hierdoor wordt arbeid gelijkmatiger over het jaar verdeeld en kunnen managementtaken beter worden gepland. Niet alle geiten zijn echter geschikt om langdurig te worden gemolken. Dieren met een hoge melkproductie en een gunstige lactatiepersistentie zijn hiervoor het meest geschikt (Douhard et al., 2013). Modelmatige benaderingen suggereren dat een combinatie van genetische selectie op melkproductie, levensduur en het vermogen om een droogstand over te slaan, in combinatie met duurmelkmanagement, een veelbelovende strategie biedt voor duurzame productie (Douhard et al., 2014).

Voor Saanen-geiten is aangetoond dat het vermogen tot het overslaan van de droogstand een erfelijk kenmerk is, met een geschatte erfelijkheidsgraad van 0,25 (SE = 0,13). Daarbij werden drie SNP's ('Single Nucleotide Polymorphism') geïdentificeerd die gelokaliseerd zijn nabij het *OSMR*-gen, een regio die ook betrokken lijkt bij de involutie van melkklieren en andere melkproductiekenmerken (Galindo et al., 2025).

Een grootschalige studie op basis van melkcontrolegegevens van 2.132 reguliere lactaties en 2.922 verlengde lactaties van voornamelijk Saanen-geiten in Nieuw-Zeeland toonde aan dat geiten met een lactatieduur van 670 dagen vergelijkbare hoeveelheden melk, vet, eiwit en lactose produceren als dieren met twee opeenvolgende lactaties van elk 305 dagen (Boshoff et al., 2024). Deze bevinding sluit aan bij eerdere resultaten van Salama et al. (2005), waarbij Murciano-Granadina-geiten gedurende twee jaar eenmaal daags werden gemolken.

Roskam et al. (2025) vermelden verschillende voordelen van duurmelken, waaronder een stabiel aanbod van melk, minder gezondheidsproblemen door het vermijden van kritieke periodes rond het aflammeren, een afname in het aantal (surplus)lammeren, hogere productiecijfers en een reductie in opfokkosten. Als potentiële nadelen noemen zij vervetting, stofwisselingsproblemen, beperkte selectiemogelijkheden en het vaker optreden van schijndracht. Voor deze nadelige effecten is het empirisch bewijs echter beperkt, met uitzondering van effecten op melkproductie (Boshoff et al. 2024) en het optreden van schijndracht (Van den Brom et al., 2019). Boshoff et al. (2024) pleiten daarom voor aanvullend onderzoek naar de economische en welzijnsaspecten van duurmelken, met inbegrip van mogelijke positieve effecten op levensduur, vervangingspercentage en arbeidsspreiding.

3.13.2 Moederloze opfok

Moederloze of kunstmatige opfok, waarbij lammeren kort na de geboorte van de moeder worden gescheiden en handmatig worden gevoerd, is de standaardpraktijk in de intensieve melkgeitenhouderij. Hoewel dit in de praktijk meestal niet letterlijk direct gebeurt, is het gebruikelijk dat moeder en lam binnen enkele uren worden gescheiden (Verkaik et al., 2016).

Sommige bedrijven passen een strikter scheidingsprotocol toe, waarbij het lam direct na de geboorte in een handdoek wordt opgevangen en elk fysiek contact met de moeder wordt voorkomen (Verkaik et al., 2016). Op basis van kennis over de ontwikkeling van moeder-kindbinding bij geiten (zie paragraaf 5.4) lijkt deze methode, indien men kiest voor scheiding, het minst belastend voor beide dieren.

De scheiding op jonge leeftijd is geassocieerd met stress bij zowel het lam als de moeder, afhankelijk van onder meer de duur en intensiteit van het fysieke contact na de geboorte, genetische verschillen in maternale zorg, en ervaring van het moederdier. De belangrijkste argumenten voor vroege scheiding zijn praktisch en gezondheidstechnisch van aard (Iepema et al., 2006; Ouweltjes et al., 2020):

1. **Adequate biesttoediening** – Door lammeren handmatig biest toe te dienen, kan de hoeveelheid en het tijdstip van opname nauwkeurig worden gecontroleerd. Opname van voldoende biest (< 12 uur post partum) met een hoog IgG-gehalte is essentieel voor een effectieve passieve immuniteit (Zamuner et al., 2024).
2. **Voorkomen van opname van biest/melk met onvoldoende antistoffen** – In groepshuisvesting kunnen lammeren biest 'stelen' bij andere geiten of drinken bij dieren die onvoldoende biest, of biest van onvoldoende kwaliteit produceren, wat leidt tot suboptimale immunologische bescherming.
3. **Maximaliseren van de verkoopbare melkproductie** – Door lammeren vroegtijdig van de moeder te scheiden, komt de melk van de geit, na de eerste 24 uur, sneller beschikbaar voor levering aan de zuivelverwerking.
4. **Preventie van verticale ziekteoverdracht** – Vroege scheiding minimaliseert het risico op overdracht van pathogenen via de biest/melk van de geit, waaronder *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* (MAP), het CAE-virus en *Corynebacterium pseudotuberculosis* (CL).

Daarnaast zijn de meeste geitenstallen niet ingericht voor langdurige moeder-lam huisvesting. Inrichtingseisen voor veilige en effectieve moederlijke zorg zijn vaak moeilijk realiseerbaar op grotere bedrijven (Schuiling, 2000; Iepema et al., 2006).

Hoewel er ethologische argumenten bestaan om lammeren bij hun moeder te laten — zoals het stimuleren van maternaal gedrag, sociaal leren en natuurlijke groepsontwikkeling — zijn de voor- en nadelen van deze effecten voor geiten en lammeren in de gangbare melkgeitenhouderij nog onvoldoende empirisch onderbouwd.

Positieve praktijkervaringen van enkele biologische bedrijven met moeder-lam huisvesting (Iepema et al. 2006) zijn veelal anekdotisch en moeilijk te vertalen naar reguliere, grootschalige bedrijfsvoering

3.13.2.1 Gedragmatige en fysiologische implicaties.

Uit onderzoek volgen aanwijzingen dat deze vorm van moederloze opfok aanzienlijke gedragmatige en fysiologische implicaties kan hebben. In een klassiek experiment toonden (Hersher, 1969) bij Toggenburger × Nubische lammeren aan dat moederloos opgefokte dieren een verhoogde hartslag en ademhalingsfrequentie vertoonden bij blootstelling aan aversieve prikkels. Deze dieren waren stressgevoeliger dan lammeren die bij de moeder waren gebleven, wat duidt op een verminderde veerkracht. De langetermijneffecten van deze stressgevoeligheid werden echter niet onderzocht.

Een vaak genoemd voordeel van moederloze opfok is de mogelijkheid tot vroege en intensieve socialisatie met mensen. Boivin en Braastad (1996) toonden aan dat geitenlammeren die op de leeftijd van één week werden gesocialiseerd, langdurig meer toenadering zochten tot mensen dan lammeren die pas op zes weken werden gesocialiseerd. Vergelijkbare effecten zijn beschreven door Lyons en Price (1987) en Lyons (1989) die vonden dat door mensen opgefokte lammeren op latere leeftijd als geit minder stressgedrag vertoonden tijdens het melken.

Gezondheidsvoordelen zijn met name gerelateerd aan de kwaliteit en timing van de biestvoorziening. In een Canadese survey onder 175 geitenbedrijven rapporteerden Bélanger-Naud et al. (2021) dat bedrijven die lammeren direct scheidden en binnen twee uur biest toedienden, lagere sterftecijfers noteerden. Tegelijkertijd werd op bedrijven met meerdere aflammerperiodes per jaar een hogere incidentie van respiratoire en gastro-intestinale aandoeningen vastgesteld, wat mogelijk duidt op een verhoogde infectiedruk. Opvallend was dat bedrijven die lammeren langer dan twee dagen bij de moeder hielden, minder luchtwegaandoeningen rapporteerden, maar wel een hoger vervangingspercentage kenden.

Voor een succesvolle moederloze opfok is kwalitatief hoogwaardige biest essentieel. De Canadese Agri-Food Research Council (CARC, 2003) adviseert het gebruik van gepasteuriseerde geitenbiest of alternatieven van hoge kwaliteit. In de daaropvolgende weken wordt een melkvervanger op basis van geiten- of koemelk aanbevolen, totdat het lam voldoende vast voer consumeert.

De huisvestingsvorm (individueel, per twee, in groep) heeft volgens Goetsch et al. (2001) weinig invloed op de groeiprestaties, zolang voeding adequaat is. Het beperken van de melkopname bevordert wel het vroegtijdig gebruik van vast voer. Sociale transmissie van voedselvoorkeuren via oudere dieren kan daarbij een rol spelen (Biquand & Biquand-Guyot, 1992).

Samenvattend vereist moederloze opfok nauwgezet management met betrekking tot biestvoorziening, hygiëne, huisvesting, temperatuurregulatie en sociale interactie met leeftijdsgenoten. Hoewel het tegemoetkomt aan logistieke en veterinaire vereisten, gaat het gepaard met het onthouden van bepaalde aspecten van het natuurlijke gedrag van geiten. Dit roept vragen op over het welzijn van lammeren in kunstmatige opfoksystemen, zeker waar het gaat om hechting, stressregulatie en sociaal gedrag in latere levensfasen.

3.13.3 Lammeren bij de geit: gezondheidsrisico's en stressreacties

De belangrijkste reden die geitenhouders noemen om af te zien van het laten opgroeien van lammeren bij de moeder, is het risico op overdracht van infectieziekten met een chronisch beloop en een lange incubatietijd. Hierbij worden met name *Caprine Arthritis Encephalitis* (CAE), *Caseous Lymphadenitis* (CL) en paratuberculose (MAP) genoemd. Deze aandoeningen kunnen gedurende lange tijd subklinisch verlopen, waardoor geïnfecteerde dieren ongemerkt andere groepsleden kunnen besmetten. Transmissie kan plaatsvinden via biest, melk, mest of direct contact. Hoewel diagnostiek op basis van antistofbepaling in bloed of melk beschikbaar is voor alle drie de aandoeningen, biedt dit in subklinische stadia geen absolute zekerheid over de infectiestatus van individuele dieren of het koppel.

In Frankrijk is binnen een niche van de melkgeitenhouderij ervaring opgedaan met het laten opgroeien van lammeren bij de moedergeit. In een recente studie beschreven (Berthelot et al., 2024a) de resultaten van een enquête onder veertig geitenhouders die deze praktijk ten minste één jaar hadden toegepast. Het merendeel van deze bedrijven was relatief kleinschalig, maakte gebruik van zeldzame geitenrassen, en produceerde melk voornamelijk voor verwerking op het eigen bedrijf onder een biologisch of biologisch-dynamisch certificeringssysteem. Dit wijst erop dat de onderzochte bedrijven niet representatief zijn voor de gemiddelde commerciële melkgeitenhouderij.

Op 60% van de bedrijven werden lammeren op een later moment alsnog van hun moeder gescheiden, doorgaans op een leeftijd van 45–90 dagen (vroeg scheiding) of 120–150 dagen (late scheiding), bijvoorbeeld in het kader van spenen of fokdoeleinden. De reacties van de lammeren en de geiten op deze scheiding varieerden aanzienlijk. Van de 24 bedrijven die hierover rapporteerden, gaven vijf aan dat de lammeren na scheiding nauwelijks vocaliseerden. Dertien bedrijven rapporteerden gemakkelijker bij lammeren gedurende één tot drie dagen, terwijl zes bedrijven dit gedrag gedurende meer dan drie dagen observeerden. Bij moederdieren was er nauwelijks sprake van vocalisatie op negen bedrijven, op elf bedrijven vocaliseerden moedergeiten één tot drie dagen en op vier bedrijven hield dit langer dan drie dagen.

Deze gegevens wijzen op een aanzienlijke stressrespons bij zowel lammeren als moederdieren na scheiding, en benadrukt de natuurlijke gedragsbehoefte van geiten aan langdurige moeder-kindbinding en zorg voor het nageslacht. Tot op heden ontbreekt echter een werkbare oplossing voor het mitigeren van deze scheidingsstress binnen systemen waarbij lammeren langere tijd bij de moeder worden gehouden.

Zestien van de geïncludeerde bedrijven hielden de lammeren permanent in de groep bij de volwassen geiten. Hoewel deze aanpak meer aansluit bij het natuurlijke gedrag van de soort, benadrukken Berthelot et al. (2024a) dat het, mede door het geringe aantal bedrijven en de korte duur van de praktijk, nog te vroeg is om hieruit verregaande conclusies te trekken over gezondheidseffecten. Bovendien is de betrouwbaarheid van de gegevens beperkt doordat deze uitsluitend zijn gebaseerd op zelfrapportage.

Samenvattend biedt het houden van lammeren bij de moedergeit ethologische voordelen door tegemoet te komen aan het natuurlijke maternale gedrag en de behoefte aan sociale binding. Daartegenover staan echter verhoogde gezondheidsrisico's en stressreacties bij latere scheiding waarvoor momenteel nog geen adequaat managementprotocol beschikbaar is binnen commerciële houderijsystemen.

3.14 Ingrepen

Behalve het aanbrengen van oormerken, is onthoornen de enige fysieke ingreep die routinematig in de melkgeitenhouderij wordt toegepast. Deze ingreep komt voor op vrijwel alle conventionele en biologische bedrijven, maar is niet toegestaan binnen de biodynamische landbouw. Hoorns vervullen bij geiten diverse functies. Daarnaast wordt het verwijderen ervan vaak beschouwd als een inbreuk op de lichamelijke integriteit van het dier.

3.14.1 Onthoornen

De primaire reden voor onthoornen is het beperken van het risico op verwondingen, zowel tussen geiten onderling als ten opzichte van verzorgers. Gehoornde geiten kunnen bij agonistische interacties ernstige schade veroorzaken aan hun soortgenoten, met name aan de uier, flanken of kopregio. Ook voor mensen die met de dieren werken, kunnen hoorns veiligheidsrisico's inhouden, zeker in stallen met beperkte ruimte of bij behandelingen.

Het onthoornen wordt doorgaans uitgevoerd binnen de eerste levensweek van het lam, waarbij de hoornpitten worden verwijderd of dichtgeschroeid door middel van thermische cauterisatie (Hempstead et al., 2017; 2019). Deze ingreep veroorzaakt acute pijn en stress. Alvarez en Gutiérrez (2010) rapporteerden een significante stijging van plasmacortisolspiegels (235% ten opzichte van controledieren), alsook verhoogde frequenties van vocalisaties,

intensief spartelen en gedragingen zoals kopschudden en -wrijven. Hempstead et al. (2017) observeerden bovendien verhoogde pijnindicatoren tot uren na de ingreep. De wondgenezing na thermisch onthoornen verloopt traag; Alvarez et al. (2019) vonden een gemiddelde wondduur van 35–63 dagen, waarbij de wond tot het sluiten pijnlijk bleef bij aanraking. Bij de meeste lammeren trad bovendien hergroei van hoornweefsel ('scurs') op, wat mogelijk te verklaren is door het relatief late moment van onthoornen (gemiddeld 10 ± 3 dagen oud) en de beperkte diameter van het gebruikte brandijzer.

Onthoornen van jonge geitenlammeren op melkgeitenbedrijven in Nederland wordt volgens het vigerende kwaliteitsprotocol altijd uitgevoerd door een (geborgde) dierenarts (NGZO, 2025). Standaard wordt algehele anesthesie toegepast ten behoeve van een optimale pijnreductie, in combinatie met langwerkende pijnbestrijding. Deze vorm van anesthesie is echter niet geheel zonder risico's (Van den Brom et al., 2020). Problemen zijn onder meer het niet bijkomen na anesthesie, neurologische symptomen en plotselinge sterfte in de weken na het onthoornen (Van den Brom et al., 2020). Exacte cijfers hierover ontbreken, maar ingeschat wordt dat de incidentie van 'non-recovery' gemiddeld minder dan 1% is. Ervaring leert dat de lammeren vaak binnen een half uur weer bijkomen; afhankelijk van de gezondheidstoestand van de dieren en de wijze waarop het onthoornproces (incl. anesthesie) wordt uitgevoerd kan dit verschillen per bedrijf (Van den Brom, persoonlijke communicatie, juli 2025). Singh et al. (2024) bevestigen dat bij het onthoornen van jonge geitenlammeren, een combinatie van algehele anesthesie met postoperatieve analgesie als meest ideale pijnbestrijding wordt beschouwd, maar achten dit op een boerderij niet praktisch en/of niet economisch haalbaar. Zij adviseren daarom een combinatie van sedatie/analgesie met een alfa-2-agonist, het plaatsen van een tweepunts cornuale zenuwblokkade (lokale anesthesie) en een NSAID ('Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs') voor postoperatieve pijnbestrijding, als 'best practice' voor op het boeren erf. Ook deze methode is echter niet zonder risico's.

De vraag rijst echter of onthoornen noodzakelijk is onder alle houderijomstandigheden. In een vergelijkende studie op 45 melkgeitenbedrijven constateerden Waiblinger et al. (2011) dat het percentage gehoornde geiten niet direct correleerde met het aantal verwondingen. Hoewel uilverwondingen significant vaker voorkwamen bij gehoornde dieren, bleek het totale aantal letsels tevens beïnvloed door managementfactoren zoals sociale stabiliteit (beperkt aantal hergroeperingen), voldoende ruimte en consistente verzorging. Op bedrijven met stabiele sociale groepen, weinig competitie en intensieve zorg konden gehoornde geiten zonder toename van stress of letsel worden gehouden.

Hoorns vervullen voor geiten diverse functies, waaronder sociale signalering, verdediging, zelfverzorging (bijvoorbeeld krabben) en mogelijk, hetzij marginaal, ook thermoregulatie. Hoewel deze functies in een moderne stalomgeving minder relevant zijn, moet worden erkend dat hoorns bijdragen aan het natuurlijke gedragsrepertoire van het dier. In extensievere houderijssystemen of bij kleinschalige kuddes met meer ruimte kunnen gehoornde geiten hun sociale gedrag adequater reguleren, waardoor de noodzaak tot onthoornen mogelijk afneemt (Simon et al., 2022).

Toch blijft onthoornen binnen de huidige intensieve houderijpraktijk een gangbare maatregel ter bevordering van veiligheid en hanteerbaarheid. Alternatieve strategieën omvatten de selectie op genetisch hoornloze lijnen. Deze benadering wordt reeds op sommige bedrijven toegepast en kan bijdragen aan het geleidelijk terugdringen van de noodzaak tot fysieke ingrepen.

Samenvattend is onthoornen een ingrijpende, pijnlijke procedure die routinematig wordt toegepast in de melkgeitenhouderij ter preventie van verwondingen. Ondanks de duidelijk aangetoonde welzijnsimpact zijn er, binnen het huidige stalsysteem, beperkte alternatieven beschikbaar. Gezien de nadelige effecten van onthoornen verdient het onderwerp blijvende wetenschappelijke en maatschappelijke aandacht, met het oog op het ontwikkelen van diervriendelijker managementstrategieën.

3.14.2 Hoornloos fokken

Bij sommige geitenrassen komt genetisch bepaalde hoornloosheid voor, veroorzaakt door een dominant polled-gen, dat resulteert in de geboorte van dieren zonder hoorns. Hoewel dit kenmerk een potentieel diervriendelijk alternatief biedt voor het onthoornen, is het polled-gen bij geiten gekoppeld aan een verhoogd risico op interseksualiteit,

met name wanneer twee hoornloze ouderdieren met elkaar worden gekruist (Simon et al., 2022). Interseksualiteit verwijst naar het vóórkomen van zowel mannelijke als vrouwelijke geslachtskenmerken bij vrouwelijke nakomelingen, wat vaak leidt tot verminderde vruchtbaarheid of volledige infertiliteit. Om deze reden kiezen veel melkgeitenhouders ervoor om hoornloze dieren alleen met gehoornde dieren te paren, teneinde het risico op interseksualiteit te beperken.

Nadelen van hoornloos fokken:

- Verhoogd risico op interseksualiteit. De belangrijkste genetische complicatie van fokken op hoornloosheid is het verhoogde risico op interseksuele nakomelingen. Recente genetische studies hebben verschillende SNP-markers en kandidaatgenen geïdentificeerd die betrokken zijn bij zowel hoornloosheid als interseksualiteit bij geiten (Guo et al., 2022; Zhang et al., 2024). Deze bevindingen openen mogelijkheden voor het ontwikkelen van SNP-chips waarmee het risico op interseksualiteit vroegtijdig kan worden voorspeld en waarmee fokprogramma's gericht op vruchtbare, hoornloze geiten kunnen worden ondersteund.
- Beperking van genetische variatie. Selectie op een enkel kenmerk, zoals hoornloosheid, kan de genetische diversiteit binnen een populatie verminderen. Deze vernauwing van de genetische basis kan op de lange termijn negatieve gevolgen hebben voor de robuustheid, de gezondheid en het aanpassingsvermogen van geiten, doordat andere belangrijke eigenschappen (zoals vruchtbaarheid, weerstand en productie) minder zwaar meewegen in de selectie.
- Invloed op sociaal gedrag binnen de kudde. Hoewel hoorns geen voorwaarde zijn voor overleving of productie in de melkgeitenpraktijk, spelen ze een rol in de sociale interacties van geiten. Hoorns kunnen een signaalfunctie hebben binnen de sociale rangorde. Er zijn aanwijzingen dat gehoornde geiten agressieve interacties kunnen voorkomen via dreiggedrag, terwijl hoornloze geiten vaker fysiek contact maken door te stoten of te bijten (Simon et al., 2022). Dit impliceert dat hoornloosheid de aard van sociaal gedrag binnen de kudde kan beïnvloeden, hetgeen mogelijk gevolgen heeft voor het groepswelzijn.

Volgens Simon et al. (2022) is fokken op hoornloosheid een verdedigbare en potentieel duurzame strategie ter vervanging van onthoornen, mits geiten worden gehouden in intensieve systemen waarin het risico op verwondingen per definitie hoger is. De genetische aanpak kan bijdragen aan het verbeteren van dierenwelzijn, mits uitgevoerd met voldoende aandacht voor neveneffecten zoals interseksualiteit en genetische verarming. De toepassing van moderne, genomische selectietechnieken in de melkgeitenhouderij vereist echter substantiële investeringen en expertise, en is niet vanzelfsprekend voor alle bedrijven haalbaar. In de praktijk zoeken fokkers vaak naar een gebalanceerde benadering waarin hoornloze lijnen op verantwoorde wijze worden geïntegreerd, zonder andere selectiecriteria uit het oog te verliezen.

3.15 Programma van Eisen

De centrale vraag in dit hoofdstuk luidt: wat wil de geit? Met andere woorden, *wat heeft de geit nodig om haar gedrag uit te kunnen voeren op een wijze die aansluit bij haar soortspecifieke behoeften?*

Voor het vertalen van gedragsbehoeften in concrete eisen aan de houderijomgeving is het essentieel om de onderlinge samenhang tussen verschillende gedragsdomeinen, de dynamiek in de gedragsbehoeften gedurende de levensloop, en de interactie met huisvesting en management integraal te beschouwen.

Literatuur wijst erop dat geiten opportunistische en adaptieve dieren zijn, die in staat zijn hun gedrag flexibel aan te passen aan uiteenlopende en veranderende omgevingscondities. Deze gedragsmatige plasticiteit impliceert dat het ontwerp van de houderijomgeving geiten niet slechts reactief dient te faciliteren, maar proactief dient aan te sluiten bij hun doelgerichte gedragsregulatie. In lijn met het pleidooi van Jensen en Toates (1993) voor een integrale, allesomvattende benadering, wordt het gedragssysteem van de geit in zijn totaliteit beschouwd via functionele gedragsdomeinen.

Per gedragsdomein zijn in de paragrafen 3.2 t/m 3.11 relevante gedragsaspecten van geiten onderzocht en zijn conclusies geformuleerd over basis- en facultatieve behoeften, die hebben geleid tot een kleurrijk palet van ontwerpeisen. Dit hoofdstuk vertaalt de geïdentificeerde behoeften naar streefbeelden die richtinggevend zijn voor een dierwaardige melkgeitenhouderij. De per gedragsdomein geformuleerde ontwerpeisen worden hierbij samengebracht in een conceptueel Programma van Eisen (PvE) voor melkgeitenstallen. Dit conceptprogramma voor melkgeitenstallen beoogt de gedragsmatige en fysiologische behoeften van de geit zo volledig mogelijk te verwoorden, zonder voorafgaande inperking door praktische of economische randvoorwaarden (Van Weeghel et al., 2020). Het PvE biedt ruimte voor diverse oplossingen, mits deze aantoonbaar bijdragen aan het realiseren van de gedragsdoelen vanuit het perspectief van de geit.

Het traject dat leidt van PvE naar praktische richtlijnen en concrete aanbevelingen — zoals gerealiseerd in de herziening van de Canadese *Code of Practice for the Care and Handling of Goats* (NFACC 2022) — vereist een systematische vertaling van het PvE naar huisvestings- en managementmaatregelen.

3.15.1 Streefbeeld voor gezondheid en aanbevelingen

Streefbeeld: Geiten worden gehouden in een omgeving die een duurzame gezondheidsstatus ondersteunt, met een lage ziektedruk, een hoog natuurlijk herstelvermogen en minimale noodzaak tot curatieve interventie. De bedrijfsvoering is gericht op het voorkomen van infecties, het versterken van de weerstand en het vroegtijdig signaleren van gezondheidsproblemen, met als doel het bevorderen van welzijn, levensduur en productiviteit. De bedrijfsstructuur draagt bij aan bioveiligheid, diergezondheid en verantwoorde inzet van medicijnen.

Aanbevelingen: Gezondheid is een essentiële pijler onder dierenwelzijn en vormt het fundament waarop gedragsmatige behoeften kunnen worden vervuld. Geiten die lijden aan pijn, infecties, metabolische of parasitaire aandoeningen ondervinden vaak beperkingen in mobiliteit, eetlust, sociaal gedrag en motivatie tot exploratie. Veelvoorkomende ziekten veroorzaken niet alleen lichamelijk ongemak, maar leiden ook tot sociaal isolement en verhoogde sterfte, vooral bij jonge dieren.

De gezondheidsstatus van een melkgeitenbedrijf wordt in sterke mate bepaald door het preventieve beleid. Daarbij spelen onder meer de volgende factoren een centrale rol:

- **Bioveiligheid.** Het beperken van insleep van pathogenen door een gesloten bedrijfsvoering, quarantaine van aangekochte dieren, beperking van bezoekersstromen en het vermijden van risicocontacten met andere veehouderijbedrijven.
- **Gesloten bedrijfsvoering.** Bedrijven streven idealiter naar het zelf aanhouden van opfoklammeren en minimaliseren de inkoop van externe dieren. Dit verkleint de kans op introductie van chronische ziekten zoals CAE, CL of paratuberculose.
- **Hygiëne:** Systematische reiniging en ontsmetting van stallen, voer- en drinkvoorzieningen en aflammerboxen. Mest- en strooiselmanagement voorkomt ophoping van pathogenen in de leefomgeving. Schoon drinkwater is continu beschikbaar.
- **Vaccinatie en gezondheidsmonitoring:** Waar mogelijk worden vaccins ingezet tegen enterotoxaemie, clostridioses en andere relevante aandoeningen. Regelmatige gezondheidschecks, klauwverzorging, monitoring van lichaamsscore, eetlust en gedrag zijn essentieel voor vroegsignalering.
- **Stresspreventie:** Stabiele groepssamenstelling, minimaliseren van hergroeperingen, adequate huisvesting en rustige omgang dragen bij aan immunocompetentie en beperken stressgerelateerde ziekte-uitbraken.
- **Voeding en weerstand:** Een uitgebalanceerd rantsoen met voldoende structuur en mineralen ondersteunt een robuuste pensfunctie, voorkomt metabole stoornissen en bevordert de algehele weerstand.

- **Parasietenmanagement:** Gerichte monitoring en ontworming op basis van mestonderzoek helpt resistentie te voorkomen. Externe parasieten worden bestreden met preventieve behandelingen en een schone omgeving.
- **Mens-dier interactie:** Positieve interacties met verzorgers dragen aantoonbaar bij aan lagere stressniveaus en een verhoogde immuunrespons bij geiten.

Door deze principes integraal toe te passen ontstaat een managementsysteem dat niet alleen gericht is op het beheersen van ziekte, maar vooral op het bevorderen van veerkracht en welzijn. Het streven naar een duurzame gezondheidsstatus vereist voortdurende aandacht voor hygiëne, infectiepreventie en vroegtijdige detectie, als fundament voor een diervriendelijke en toekomstbestendige melkgeitenhouderij.

3.15.2 Streefbeelden voor gedrag en aanbevelingen

3.15.2.1 Sociaal gedrag

Streefbeeld: Melkgeiten beschikken over voldoende mogelijkheden om op vrijwillige basis sociale interacties met soortgenoten aan te gaan en zich desgewenst terug te trekken uit de groep. De huisvestingsomgeving faciliteert het aangaan en onderhouden van sociale relaties en voorkomt overmatige sociale stress door een te hoge dichtheid of voortdurende hergroepering. Fysieke confrontaties worden beperkt, terwijl gedrag dat groepscohesie en onderlinge affiliatie versterkt, wordt bevorderd.

Aanbevelingen: De stal biedt geiten voldoende ruimte en een zodanige indeling dat subgroepen zich kunnen vormen en handhaven, bijvoorbeeld door het gebruik van afschermingen, compartimentering of visuele barrières. De bezettingsgraad is afgestemd op het aantal geiten, met extra aandacht voor voldoende lig- en vreetplaatsen. Voorkomen wordt dat geiten langdurig geïsoleerd zijn van soortgenoten; tijdelijke afzondering vindt plaats met behoud van minimaal auditief en visueel contact. Groepswisselingen worden zoveel mogelijk beperkt. Bij de introductie van nieuwe geiten in een bestaande koppel gebeurt dit bij voorkeur in groepen, met voldoende ruimte om sociale afstand te kunnen bewaren. De ruimtelijke scheiding van vreet-, rust- en transitieruimtes beperkt conflicten die ontstaan bij gelijktijdige toegang tot hulpbronnen.

3.15.2.2 Rustgedrag

Streefbeeld: Melkgeiten hebben de mogelijkheid om gelijktijdig, ongestoord en in veilige omstandigheden te rusten. De stal biedt voldoende ligplekken die aansluiten bij de voorkeuren van geiten ten aanzien van ondergrond, positie en afstand tot soortgenoten. De rustomgeving ondersteunt het dag-nachtritme en minimaliseert verstoringen door mens of dier.

Aanbevelingen: Per volwassen geit is in de stal een vloeroppervlak van minimaal 1,5 m² beschikbaar, met voldoende wandlengte en/of afschermingen zodat individuele dieren desgewenst tegen een beschutte structuur kunnen rusten. Ligplekken bevinden zich bij voorkeur langs wanden, in hoeken of op verhoogde platforms, met een droge, schone en comfortabele ondergrond. Variatie in ondergronden (bijvoorbeeld zachte ingestrooide versus harde, kale vloeren) sluit aan bij individuele voorkeuren. De verlichting en het voerschema ondersteunen een rustperiode van minimaal zes uur (schemer)donker per etmaal, waarmee de circadiane ritmiek van geiten wordt gerespecteerd. Rustplaatsen zijn duidelijk gescheiden van vreet- en transportroutes om verstoring door andere geiten te minimaliseren.

Een harde wetenschappelijke onderbouwing van oppervlakenormen voor landbouwhuisdieren, waaronder geiten, is nagenoeg onmogelijk. Ook voor andere diersoorten, zoals pluimvee, varkens en runderen, ontbreken dergelijke onderbouwde normen. Desondanks achten wij het verantwoord om als minimum 1,5 m² per volwassen geit aan te bevelen. Deze aanbeveling is mede gebaseerd op de bevindingen van Menzies et al. (2020) en diverse richtlijnen, waaronder EG 1844/1999, NFACC (2022) en Red Tractor (2025) (zie ook paragraaf 3.3.1 en de daarin opgenomen referenties). Uit de literatuur blijkt dat een toename van de beschikbare ruimte per geit van 1, naar 2, naar 3 m² gepaard gaat met een afname van agonistisch gedrag (Vas et al., 2013), hetgeen duidt op een afname van onrust binnen de groep.

In tegenstelling tot andere omgevingsfactoren, zoals ligwanden, borstels of vloertypen — waarvan de optimale hoeveelheden nog minder goed gedocumenteerd zijn — heeft de beschikbare ruimte aanzienlijke consequenties, zowel voor de melkgeitenhouder (in termen van kosten) als voor de dieren (in termen van het kunnen bewaren van onderlinge afstand, reductie van agonistisch gedrag en synchronisatie van gedrag). Zoals gezegd wordt op basis van de beschikbare onderzoeksresultaten voor volwassen melkgeiten in groepshuisvesting minimaal 1,5 m² per geit aanbevolen. Deze oppervlakenorm wordt veelvuldig aangehaald in praktijkrichtlijnen, hoewel zij niet strikt wetenschappelijk is onderbouwd (Menzies et al., 2020). Niettemin achten wij het verstandig om deze norm als minimumvoorstel te hanteren.

Verwacht mag worden dat hierover discussie zal ontstaan, hetgeen wij als positief beschouwen. In Hoofdstuk 6 (paragraaf kennishiaten) wordt dan ook benadrukt dat nader onderzoek naar ruimtebehoefte in relatie tot in de praktijk gangbare groepsgroottes en groepssamenstelling wenselijk is.

3.15.2.3 Zelfverzorgingsgedrag

Streefbeeld: Melkgeiten beschikken over adequate mogelijkheden om hun lichaamshygiëne en vachtconditie actief te onderhouden. Dit omvat gedrag gericht op het tegengaan van jeuk, vuil of ectoparasieten, alsmede gedragingen die bijdragen aan thermisch en lichamelijk comfort.

Aanbevelingen: In de stal wordt voorzien in voldoende ruimte voor zelfverzorgingsgedrag, zoals schuren en vachtverzorging met de bek of poten. Per vastgesteld aantal geiten is een vachtverzorgingsvoorziening beschikbaar, bij voorkeur in de vorm van een roterende borstel of vergelijkbaar apparaat. Deze borstels functioneren automatisch of zijn uitgerust met een bewegingssensor. Om te voorkomen dat dominante dieren de toegang tot dergelijke voorzieningen beperken, is het wenselijk dat borstels zodanig worden gepositioneerd dat meerdere dieren er tegelijk gebruik van kunnen maken of dat alternatieve verzorgingsobjecten worden aangeboden. Onderzoek is nodig om de optimale ratio borstels per aantal geiten vast te stellen en om inzicht te verkrijgen in het effect van verzorgingsvoorzieningen op sociale dynamiek en welzijnsindicatoren.

3.15.2.4 Voortplantingsgedrag

Streefbeeld: Melkgeiten hebben tijdens de dracht en het aflammerproces toegang tot een omgeving waarin zij in afzondering kunnen aflammeren en postpartum een veilige, rustige ruimte delen met hun lam(meren) om de moeder-kindbinding tot stand te brengen. Dit bevordert het maternale gedrag, de biestopname en het herstel van de geit. Jonge lammeren kunnen zich gedurende de eerste levensweek afzonderen en veilig oriënteren, terwijl ze tegelijkertijd toegang hebben tot sociale interactie met leeftijdsgenoten.

Aanbevelingen: Om stress ten gevolge van scheiding van moeder en lam te voorkomen, worden lammeren direct na geboorte ófwel permanent gescheiden voor moederloze opfok, ófwel langdurig bij de moeder gehouden in het koppel. Onmiddellijke scheiding is vanuit het perspectief van de melkgeit aanvaardbaar en wenselijk indien dit gebeurt met het oog op gezondheidsrisico's, zoals overdracht van paratuberculose, CAE of CL. In dat geval wordt het lam kunstmatig opgefokt met bewezen veilige biest en melk, onder strikt hygiënisch management.

Ongeacht het opfoksysteem is het van fundamenteel belang dat elk lam binnen 2 uur na geboorte voldoende biest van goede kwaliteit ontvangt voor een optimale ontwikkeling van passieve immuniteit. Indien gekozen wordt voor moeder-opfok, moeten voorzieningen aanwezig zijn voor een rustige aflammering (zoals aparte eenheden of aflammerboxen) en is het wenselijk dat moeder en lam zich in de eerste dagen kunnen afzonderen van de kudde.

Lammeren worden vervolgens in leeftijds- en gewichtshomogene groepen gehouden, waarin voldoende mogelijkheden bestaan voor sociaal leren, spel en motorische ontwikkeling. Indien moederloze opfok wordt toegepast, is huisvesting in kleine, sociale groepen na de eerste levensweek essentieel ter voorkoming van gedragsstoornissen en ter bevordering van sociaal gedrag op latere leeftijd.

3.15.2.5 Exploratiedrag

Streefbeeld: Geiten beschikken over een prikkelrijke en gevarieerde omgeving, zowel binnen als buiten, waarin zij hun aangeboren neiging tot verkennen, manipuleren van de omgeving en het aangaan van uitdagingen kunnen ontplooiën.

De leefomgeving biedt fysieke, zintuiglijke en cognitieve stimulansen die geiten uitnodigen tot actieve interactie met hun omgeving. Toegang tot een buitenruimte draagt bij aan gedragsvariatie, stressreductie en positieve emotionele toestanden.

Aanbevelingen: Exploratie vormt een basis gedragsbehoefte van geiten en verdient in de huisvesting expliciete aandacht. In de stal worden objecten aangeboden die geiten kunnen manipuleren of beklimmen, zoals platforms, bruggen, hellingen en ophangbare materialen (bijv. takken of ballen). Meerdere voerpunten met uiteenlopende voerstructuren (bijv. losse balen, voermanden, voerballen) stimuleren het zoeken en selecteren van voedsel en verrijken het voedingsgedrag.

Cognitieve verrijking, in de vorm van bijvoorbeeld variabele voedselverrijking, onbekende objecten of eenvoudige leeropdrachten, draagt bij aan het welzijn door uitdagingen te bieden en controle over de omgeving te faciliteren. Daarnaast wordt aanbevolen geiten toegang te bieden tot een weide of uitloop met natuurlijke elementen (zoals gras, struiken, hoogteverschillen en schuilplekken), die geiten de mogelijkheid biedt tot zintuiglijke stimulatie, natuurlijk foerageren en variatie in gedrag.

Om overbelasting of verveling te voorkomen, wordt aangeraden verrijkingsobjecten periodiek te wisselen. Observaties van spelgedrag, manipulatie van objecten en frequent gebruik van verrijking gelden als positieve indicatoren van effectiviteit. Verrijkingsmaatregelen dienen afgestemd te worden op leeftijd, groepssamenstelling, productiestatus en fysieke conditie van de dieren.

3.15.2.6 Thermoregulatiegedrag

Streefbeeld: Geiten worden gehouden in een omgeving die hen in staat stelt hun lichaamstemperatuur binnen fysiologisch optimale grenzen te houden, zonder excessieve inspanning of energieverlies. De omgeving biedt voldoende keuzemogelijkheden voor gedrag dat bijdraagt aan warmteretentie of -afgifte, afgestemd op individuele behoeften en klimatologische omstandigheden.

Aanbevelingen: Thermoregulatie is een basis gedrags- en fysiologische behoefte van geiten. Om dit gedrag tot uiting te laten komen, dienen geiten de beschikking te hebben over een klimaat dat binnen of nabij hun thermoneutrale zone valt (circa 12–24 °C), met mogelijkheden tot aanpassing bij afwijkende temperaturen.

De stalomgeving voorziet in beschutte, droge en tochtvrije ligplekken, bij voorkeur langs wanden of in hoeken, waar geiten zich kunnen terugtrekken bij kou, wind of regen. Het ligoppervlak is thermisch isolerend, comfortabel en voldoende ruim om te spreiden of dicht bij soortgenoten te liggen, afhankelijk van de thermische behoefte. Verhoogde ligplaatsen en voldoende ruimte om ligplekken te kiezen bevorderen dit aanpassingsvermogen.

Bij warmte dienen geiten toegang te hebben tot goed geventileerde zones met luchtcirculatie en schaduw. Dit geldt met name voor buitenuitlopen, die voorzien moeten zijn van natuurlijke of kunstmatige schaduwplekken. Binnen wordt de luchtkwaliteit en temperatuur geregeld via natuurlijke of mechanische ventilatie, met aandacht voor luchtsnelheid ter hoogte van de dieren, relatieve luchtvochtigheid en beperking van schadelijke gasconcentraties.

Bij hitte dienen geiten gedrag als hijgen, meer staan en het vermijden van warmere zones te kunnen vertonen. Bij kou wordt voorzien in beschutting tegen bijvoorbeeld wind en de mogelijkheid tot sociaal thermoregulerend gedrag zoals tegen elkaar aan liggen. Flexibiliteit in ruimtegebruik, ondergrond en positionering van ligplaatsen ondersteunt deze gedragsmatige aanpassing.

Monitoring van het stalklimaat (temperatuur, luchtvochtigheid, luchtverversing) is essentieel voor het vroegtijdig opsporen van ongunstige omstandigheden. Indien nodig wordt aanvullende klimaatbeheersing toegepast. De inrichting van de stal sluit aan op de gedragsmatige voorkeuren van geiten voor thermisch comfort, autonomie en veiligheid.

3.15.2.7 Voer- en wateropnamegedrag

Streefbeeld: Geiten hebben gedurende het etmaal onbeperkt toegang tot schoon en smakelijk drinkwater en worden in staat gesteld hun nutritionele behoeften te vervullen met een gevarieerd rantsoen dat aansluit op hun fysiologische toestand en individuele voorkeuren. Het voer wordt zodanig aangeboden dat alle dieren in gelijke mate de mogelijkheid hebben om te vreten zonder hinder van competitie of sociale stress, met mogelijkheden tot selectief voeropnamegedrag zoals kenmerkend voor hun soortspecifieke strategie als 'intermediate feeder'.

Aanbevelingen: Voedselopname is een primaire gedragsbehoefte van geiten, waarbij hun foerageerstrategie – gekenmerkt door selectiviteit, variatie en voorkeur voor structuurrijk plantaardig materiaal – centraal dient te staan. Geiten zijn geëvolueerd als zogenaamde 'intermediate feeders' en combineren eigenschappen van grazers en browsers, met een sterke voorkeur voor de selectie van voedermiddelen op basis van smaak, verteerbaarheid en voedingswaarde.

Om dit selectieve eetgedrag mogelijk te maken, dient ruwvoer van verschillende typen (zoals hooi, luzerne, twijgen of bladeren) op diverse plekken in de stal te worden aangeboden, via ruiven, manden of verrijksobjecten. Dit voorkomt verveling en stimuleert natuurlijke variatie in voedselkeuze. Bij voorkeur wordt het voer verdeeld over meerdere voermomenten per dag, in overeenstemming met de natuurlijke circadiane ritmiek van foerageren en herkauwen.

Om competitie te minimaliseren, worden voldoende individuele vreetplaatsen gecreëerd. Bij hoornloze geiten wordt veelal rond de 40 cm vreetbreedte per volwassen geit aanbevolen; bij gehoornde geiten is meer ruimte nodig (Menzies et al., 2020) of worden palissadevoerhekken gebruikt om fysieke confrontaties te voorkomen. Ruimtelijke scheiding tussen rust- en vreetzones is van belang om conflicten en onrust te beperken.

Geiten drinken frequent kleine hoeveelheden en hebben een duidelijke voorkeur voor schoon, fris water. Water dient laagdrempelig en op meerdere plekken in de stal beschikbaar te zijn, bij voorkeur via drinknippels en/of drinkbakken met regelmatige controle op hygiëne en doorstroming. Speciale aandacht is nodig voor de drinkbehoefte bij hoge temperaturen, tijdens de lactatie en bij dracht.

Voernijd – het ontstaan van agonistische interacties bij het voer – dient zoveel mogelijk te worden voorkomen door goede ruimtelijke verdeling van het rantsoen, voldoende voerplekken en continue beschikbaarheid van ruwvoer. Sociale stabiliteit, groepsgrootte en rangorde spelen hierbij eveneens een rol.

3.15.2.8 Uitscheidingsgedrag

Streefbeeld: Geiten worden gehouden in een omgeving waarin zij hun feces en urine kunnen uitscheiden op plaatsen die niet worden gebruikt als ligplek. De ondergrond op deze uitscheidingsplekken is absorberend en hygiënisch, en de stal biedt voldoende ruimte om vervuiling van lig- en voederzones te vermijden.

Aanbevelingen: Uitscheidingsgedrag is een essentieel fysiologisch proces dat bijdraagt aan het handhaven van de interne homeostase en het verwijderen van afvalstoffen. Hoewel geiten van nature geen vaste latrines gebruiken zoals sommige andere diersoorten, tonen zij wel voorkeuren in hun uitscheidingsgedrag, mits de omgeving voldoende differentiatie en ruimte biedt.

Geiten mesten en urineren meestal tijdens locomotie of stilstaan, vaak op looproutes of in perifere zones van de stal. Ze vermijden het uitscheiden op ligplaatsen indien zij over voldoende uitwijkmogelijkheden beschikken. Een duidelijk onderscheid tussen lig-, voer- en uitscheidingszones binnen de huisvesting ondersteunt dit natuurlijke gedragspatroon en draagt bij aan de hygiëne en het comfort van de dieren.

Absorberende ondergronden – zoals strooisel of houtkrullen – verminderen het risico op natte plekken, opspattende urine en vervuiling van de vacht. Dit is met name van belang voor het welzijn en het thermisch comfort, aangezien geiten gevoelig zijn voor natte ondergronden, vooral bij het liggen.

Urineren wordt in sommige gevallen beïnvloed door ondergrondkeuze. Zo lijken geiten in voorkeursexperimenten vaak de voorkeur te geven aan urineren op houtkrullen in plaats van op harde, gladde oppervlakken zoals rubbermatten of roosters. Het hanteren van absorberende materialen in looppaden en overgangen kan het urineren op ongewenste plekken (zoals ligplaatsen) helpen voorkomen.

Een goede ruimtelijke indeling ondersteunt niet alleen het natuurlijke uitscheidingsgedrag, maar draagt ook bij aan algehele hygiëne, vermindering van infectiedruk, droogte van de ondergrond en daarmee aan gezondheid en welzijn.

3.15.2.9 Zelfbeschermingsgedrag

Streefbeeld: Geiten beschikken over een omgeving waarin zij potentieel gevaar kunnen vermijden, zich kunnen terugtrekken in veilige zones en waarbij zij controle ervaren over hun sociale en fysieke leefomgeving. De stal biedt voldoende beschutte, overzichtelijke plekken waar geiten zich kunnen terugtrekken en afzonderen voor rust en bescherming tegen bedreigingen, weersinvloeden of sociale druk. Een inrichting die recht doet aan de behoefte van geiten aan veiligheid, overzicht en terugtrekgedrag draagt bij aan een lagere stressbelasting, hogere groepsstabiliteit en een verbeterde welzijnsstatus.

Aanbevelingen: Zelfbeschermingsgedrag is een evolutionair ingebed overlevingsmechanisme dat bij geiten tot uiting komt in gedragingen zoals het opzoeken van overzicht, het vermijden van confrontaties en het zoeken van beschutting tegen weersinvloeden of potentiële dreiging.

Ook in gedomesticeerde omstandigheden blijft deze gedragsbehoefte aanwezig. Geiten zoeken in de stal naar verhoogde of beschutte plekken waar zij enerzijds rust kunnen vinden en anderzijds hun omgeving kunnen overzien. Verhoogde platforms, wandcontact en zichtlijnen dragen bij aan het gevoel van controle en veiligheid. Daarnaast kunnen geiten zich terugtrekken van dominante koppelgenoten of agressieve interacties, mits de stal hiervoor voldoende mogelijkheden biedt.

3.15.2.10 Spelgedrag

Streefbeeld: Jonge geiten worden gehouden in een omgeving die voldoende ruimte, complexiteit en veilige, beloopbare ondergrond biedt om locomotorisch, sociaal en objectgericht spelgedrag te vertonen. De inrichting stimuleert spontane spelactiviteiten die bijdragen aan de motorische, cognitieve en sociale ontwikkeling van lammeren, en biedt ruimte voor expressie van positieve emotionele toestanden zoals nieuwsgierigheid, speelsheid en plezier.

Aanbevelingen: Lammeren spelen bij voorkeur als ze zich veilig, gezond en energiek voelen, en wanneer er voldoende ruimte en geschikte soortgenoten aanwezig zijn. Spelgedrag is contextgevoelig en varieert sterk met de omgeving: in verrijkte omstandigheden vertonen lammeren een breder gedragsrepertoire, waaronder ook complexere vormen van objectspel zoals 'wall play'. Onderzoek toont aan dat spelgedrag toeneemt bij grotere groepen en op bodems die voldoende grip en comfort bieden. De aanwezigheid van hellingen en hoogteverschillen vergroot het locomotorisch spel. Verrijking met objecten en fysieke structuren (bruggen, bal, klimobjecten) verhoogt de frequentie van spel, hoewel gewenning kan optreden bij langdurige blootstelling.

Spelgedrag kan worden belemmerd door angst, sociale instabiliteit of een gebrek aan ruimte, complexiteit of geschikte speelkameraadjes. Afwezigheid van spelgedrag wordt daarom als een waarschuwingssignaal gezien voor een verminderde welzijnstoestand.

Voor het ondersteunen van spelgedrag bij jonge geiten gelden de volgende inrichtingseisen:

- De huisvesting voorziet in voldoende vrije vloeroppervlakte met een stroef beloopbare ondergrond die het risico op uitglijden minimaliseert.
- Lammeren worden bij voorkeur in groepen gehuisvest, met leeftijdsgenoten die de frequentie en kwaliteit van sociaal spel bevorderen.
- De leefomgeving bevat hoogteverschillen, objecten om tegenaan te springen, onderdoor te kruipen of op te klimmen, evenals speelmateriaal dat uitnodigt tot exploratie en manipulatie.

-
- De groepsgrootte is zodanig dat spelinteractie mogelijk is zonder dat het leidt tot overbevolking of onderlinge stress.
 - Observatie van spelgedrag wordt ingezet als welzijnsindicator: afwezigheid van spel, vooral bij lammeren in goede gezondheid, kan aanleiding zijn tot aanpassing van de huisvesting of het management.

Door spelgedrag actief te faciliteren wordt niet alleen tegemoetgekomen aan een intrinsieke motivatie van jonge geiten, maar wordt ook hun ontwikkeling op het gebied van sociale interactie, motoriek, copingvaardigheden en veerkracht ondersteund.

3.16 Behoeften van de geit als uitgangspunt

Een dierwaardige melkgeitenhouderij begint bij de vraag: *wat heeft de geit nodig om als soortspecifiek wezen tot haar recht te komen?* Het antwoord op deze vraag vereist een fundamentele heroriëntatie, waarbij de leefomgeving en het management van melkgeiten worden ingericht op basis van hun gedragsmatige en fysiologische behoeften. In de voorgaande paragrafen zijn deze behoeften per gedragsdomein geanalyseerd, geclassificeerd en vertaald in concrete streefbeelden en aanbevelingen. In deze paragraaf worden deze inzichten geïntegreerd tot een samenhangende ontwerpvisie voor een houderijsysteem dat het welzijn en de gezondheid van melkgeiten structureel bevordert.

3.16.1 Een dierwaardig ontwerp begint bij het gedrag van de geit

Geiten zijn intelligente, sociale, beweeglijke en nieuwsgierige dieren die in staat zijn hun gedrag flexibel aan te passen aan uiteenlopende omgevingscondities. Deze gedragsmatige plasticiteit mag echter niet worden misverstaan als bewijs van geringe behoeften. Integendeel: het vermogen tot gedragsaanpassing is evolutionair ontwikkeld om te kunnen overleven in wisselende en soms suboptimale omstandigheden. In een gecontroleerde houderijomgeving betekent dit dat de geit moet kunnen beschikken over keuzevrijheid, controle en een fysieke en sociale omgeving die tegemoetkomt aan haar intrinsieke behoeften. Een dierwaardige melkgeitenhouderij is daarom geen vast systeem, maar een dynamische leefomgeving waarin ruimte is voor:

- **Sociaal gedrag** en het onderhouden van stabiele sociale relaties.
- **Rustgedrag** op droge, veilige en comfortabele ligplekken.
- **Zelfverzorging**, zoals vachtverzorging en het vermijden van onaangename prikkels.
- **Voortplantingsgedrag**, met aandacht voor het welzijn van moeder en lam.
- **Exploratie en spel**, die de cognitieve ontwikkeling bevorderen en een positieve emotionele toestand ondersteunen.
- **Adequate thermoregulatie** door toegang tot beschutting, ventilatie en keuzevrijheid.
- **Vrije voer- en wateropname** zonder excessieve competitie.
- **Natuurlijke uitscheiding**, die zo gefaciliteerd wordt dat het hygiëne en comfort ten goede komt.
- **Zelfbescherming**, door overzicht, ontsnappingsmogelijkheden en schuilplaatsen.
- **Een robuuste gezondheid**, ondersteund door preventie, monitoring en een veilige bedrijfsvoering.

3.16.2 Ontwerpprincipes voor een dierwaardige melkgeitenhouderij

Op basis van de bovenstaande gedragsdomeinen kan een aantal ontwerpprincipes tenslotte als volgt worden samengevat:

1. **Ruimtelijke flexibiliteit en functionele zones:** De stal is opgedeeld in duidelijke, functionele zones: voor rust, voeding, beweging en interactie. Voldoende ruimte, zichtlijnen en afscheidingsmogelijkheden maken subgroepsvorming, conflictvermijding en gedragskeuze mogelijk.
2. **Keuzemogelijkheden en controle over de omgeving:** Geiten hebben behoefte aan keuzes in ondergrond, hoogte, ligplek, voerplek en microklimaat. Het aanbieden van verschillende alternatieven binnen elk domein verhoogt welzijn en verlaagt stress.
3. **Zintuiglijke en cognitieve verrijking:** Door de omgeving dynamisch in te richten met objecten, materialen en stimuli die geiten kunnen onderzoeken of manipuleren, wordt hun nieuwsgierigheid geactiveerd en verveling voorkomen.
4. **Stabiliteit van sociale groepen:** Door hergroeperingen te beperken, rangordeconflicten te voorkomen en dieren in stabiele, herkenbare sociale verbanden te houden, worden stress en letsel geminimaliseerd.
5. **Hygiëne, klimaat en bioveiligheid:** Basisvoorwaarden voor gezondheid en welzijn zijn een schoon stalklimaat, droge ligplekken, goede ventilatie en effectieve maatregelen voor ziektepreventie, zoals quarantaine en vaccinatie.
6. **Huisvesting die aansluit bij natuurlijke gedragsritmes:** Lichtregime, voerschema's en dagstructuur ondersteunen het natuurlijke dag-nachtritme van de geit en bieden gelegenheid tot rust, activiteit en sociale interactie op passende momenten.

-
7. **Zorg voor kwetsbare levensfasen:** Bij geboorte, speenmoment, dracht en lactatie zijn extra waarborgen nodig om welzijnscompromissen te voorkomen. Goede biestvoorziening, stressreductie en passende huisvesting zijn hierbij cruciaal.
 8. **Integratie van gezondheidszorg en welzijnsmonitoring:** Gezondheid en welzijn zijn onlosmakelijk verbonden. Preventief gezondheidsbeleid, periodieke evaluaties van welzijnsindicatoren en training van personeel zijn essentieel voor duurzame dierzorg.

4 Pilot – gedragsobservaties met platforms in praktijkomstandigheden

Hans Hopster, Matthijs Hopster en Henry Kuipers

4.1 Inleiding

Voor het opstellen van een onderbouwd en praktisch toepasbaar Programma van Eisen (PvE) is inzicht nodig in zowel de behoeften van melkgeiten als de mogelijkheden voor duurzame en emissiearme stalontwerpen. De literatuurstudie naar de behoeften van geiten (Hoofdstuk 3) laat echter op enkele cruciale punten nog vragen open die van direct belang zijn voor het ontwerpen van duurzame geitenstallen. Zo biedt de literatuur onvoldoende duidelijkheid over:

- de voorkeur van volwassen melkgeiten voor rustplaatsen op hoogte,
- de mate waarin melkgeiten de behoefte hebben om te klimmen,
- en de ondergrond die geiten prefereren om op te liggen en om hun mest en urine op te lozen.

Tegelijkertijd wijzen literatuur en expertkennis op kansen om door aanpassingen in het stalontwerp — specifiek het loslaten van de traditionele potstal met stro — de emissies te verlagen (zie Hoofdstuk 2). Dit sluit aan bij het belang van de melkgeitenhouder om te voldoen aan toekomstige duurzaamheids- en milieueisen zonder concessies te doen aan het welzijn van de dieren.

Melkgeitenhouderij Breevoort speelt hierin een voortrekkersrol door praktijkervaring op te doen met alternatieve stalvloeren. Naast de gangbare potstal is hier een afdeling ingericht met een dichte, betonnen vloer die naar het midden afloopt, met een centrale afvoergoot voor urine en een mestschuif voor het verwijderen van vaste mest. Deze innovatie is zowel bedoeld om stalemissies en strogebruik te reduceren als om de veronderstelde voorkeur van geiten voor een harde ondergrond nader te verkennen. De geiten hebben vrije doorgang tussen de traditionele potstal en de nieuwe betonstal, wat een unieke kans biedt om niet alleen emissies te reduceren, maar om tegelijkertijd het welzijn van melkgeiten te onderzoeken (zie Hoofdstuk 2 en 3). Eén van de opties is om plateau's in de stal te integreren. Deze structuren kunnen, in theorie, (1) het excretiegedrag van de dieren naar een specifieke locatie sturen en (2) geiten mogelijkheden bieden om in de behoefte aan klimmen te voorzien, om op hoogte te liggen en eronder te schuilen. Voordat er verdere aanpassingen worden gedaan om bijvoorbeeld te voorzien in de behoefte van geiten aan klimmen en rusten op hoogte, is het essentieel om beter te begrijpen in hoeverre volwassen melkgeiten daadwerkelijk geneigd zijn om te klimmen, of ze een voorkeur hebben voor verhoogde rustplaatsen en welk type ondergrond zij daarvoor prefereren (bijvoorbeeld stro, hout of beton).

De vragen die de betreffende melkgeitenhouder hierbij stelt, sluiten direct aan bij de kennishiaten in de bestaande literatuur en zijn daarmee ook van groot belang voor het ontwerpen van toekomstbestendige stalsystemen zoals beoogd in dit project. Om deze kennislacunes op te vullen, is op het melkgeitenbedrijf Boerderij Breevoort van de familie Tolboom in Hoogland, een pilotstudie uitgevoerd.

In dit hoofdstuk wordt deze studie uitgewerkt, inclusief de gedragsobservaties aan melkgeiten. De resultaten leveren waardevolle inzichten op voor zowel de praktijk als het ontwerp van nieuwe, diervriendelijke en emissiearme huisvestingssystemen voor melkgeiten.

4.1.1 Klimmen

Het oorspronkelijke, bergachtige leefgebied maakt het aannemelijk dat geiten geofefende klimmers zijn. Met verwijzing naar Verwer en Van Eekeren (2011) wordt in de onderbouwing van de recent opgestelde huis-en hobbydierenlijst³⁹ dan ook gesteld dat gedomesticeerde geiten hoogte-elementen gebruiken en dat ze hun rustplaats graag hoger op in het verblijf zoeken op plateaus waar ze minder worden verstoord dan in de groep. Het beeld dat hobbygeiten graag hoogte-elementen gebruiken wordt bij een fietstochtje in het buitengebied herhaaldelijk bevestigd (Foto 1). De vraag is of dat ook voor melkgeiten op geitenbedrijven geldt

Achter de behoefte om te klimmen kunnen verschillende motivaties schuilgaan (zie hoofdstuk 3.6.2), en deze motivaties kunnen verschillen tussen rassen, variëren van geit tot geit en zelfs binnen dezelfde geit, onder invloed van fysiologie (interne factoren) en (houderij)omstandigheden (externe factoren). Wetenschappelijk gezien is 'behoefte' dan ook een lastig te duiden, dynamisch concept (zie hoofdstuk 3). Desondanks wordt het begrip 'behoefte' in het publieke domein veelvuldig gebruikt en is het een fundamenteel onderdeel van de RIO-methodologie. De RIO-methodologie draait om ontwerpen gericht op de integratie van verschillende -soms tegenstrijdig lijkende-waarden. In het geval van diergericht ontwerpen betekent dat, dat er in plaats van alleen te ontwerpen vanuit technische haalbaarheid of economische efficiëntie, wordt gekeken naar wat het dier nodig heeft om gezond te blijven en natuurlijk gedrag te kunnen vertonen. Behoefte wordt daarbij breed geïnterpreteerd: fysiek (zoals ligruimte of voertoeegang), sociaal (contact met soortgenoten), en gedragsmatig (zoals klimmen, exploreren). Inzicht in de achterliggende motivatie is echter van groot belang om te bepalen welke stalrichtingselementen of managementmaatregelen in een behoefte kunnen voorzien.

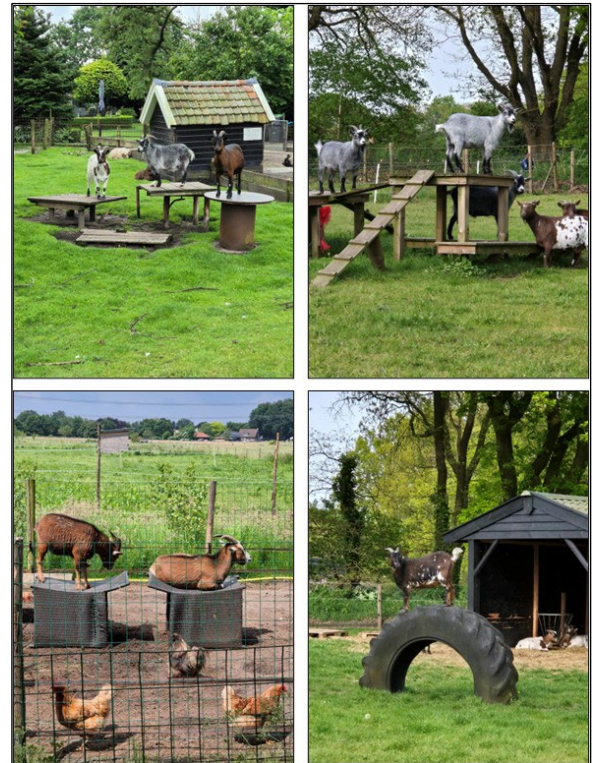


Foto 1 *Impressie van hobbygeiten en hun gebruik van hoogte-elementen.*

4.1.2 Ondergrond

Alhoewel melkgeiten in Nederland vrijwel altijd in een potstal met stro worden gehouden, is het niet duidelijk of een dergelijke ondergrond voor melkgeiten altijd de beste keuze is. Uit de praktijk komen signalen dat een strobed voor melkgeiten niet altijd de voorkeur heeft. Studies hierover leiden echter niet tot eensluidende conclusies (zie hoofdstuk 3.3). Op basis van de literatuur is dan ook niet gemakkelijk te voorspellen op welke ondergrond melkgeiten bijvoorbeeld het liefst rusten. Omgevingstemperatuur, bevuiling, gewenning, isolerende werking en risico op verstoring zijn allemaal factoren die de keuze van geiten beïnvloeden, naast individuele voorkeuren. Uit oogpunt van onderzoek is het daarom interessant of geiten zelf een keuze maken tussen een zachte (stro) of harde (hout, beton) ondergrond en tussen een goed isolerende (stro, rubber) of een minder isolerende (beton) ondergrond.

Wat het sturen van uitscheidingsgedrag betreft zijn er aanwijzingen dat geiten bij voorkeur urineren, en in mindere mate defeceren, op een absorberende ondergrond die ze vervolgens vermijden om op te liggen (zie hoofdstuk 3.9). Over het algemeen wijzen de bevindingen erop dat geiten niet systematisch vaste plekken kiezen voor urineren en mesten, maar dat hun gedrag mogelijk wel beïnvloed kan worden door omgevingsfactoren zoals ondergrond en ruimtegebruik, mits de motivatie daarvoor sterk genoeg is. Beide onderwerpen maken deel uit van deze pilotstudie.

³⁹ <https://www.rvo.nl/huis-en-hobbydieren/gedomesticeerde-geit-bezoargeit#algemene-informatie> (geraadpleegd december 2024).

4.1.3 Onderzoeksvragen van de pilot

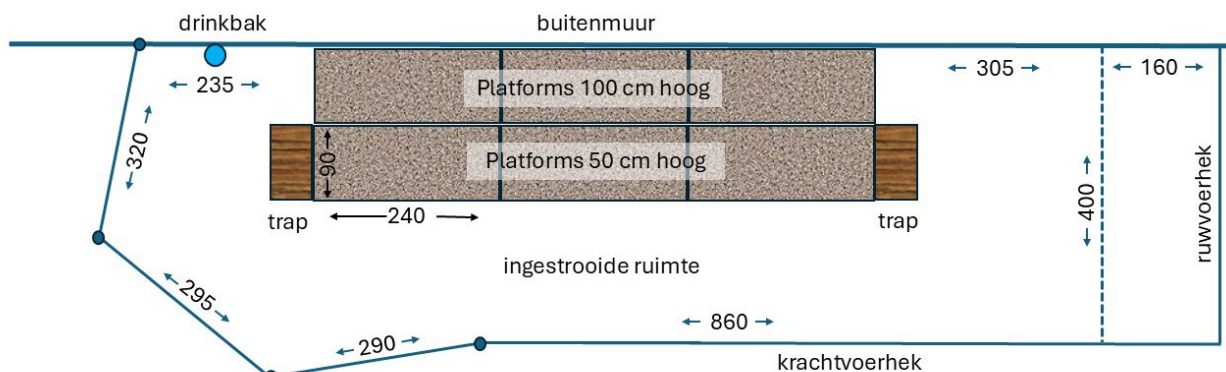
Om meer inzicht te krijgen in het gedrag (liggen, staan op of onder, etc.) van Nederlandse melkgeiten als ze toegang hebben tot een platform, is op het melkgeitenbedrijf Boerderij Breevoort een pilotexperiment uitgevoerd waarin het gedrag van geiten systematisch werd geobserveerd. Deze pilot was gericht op beantwoording van de volgende vragen:

1. In hoeverre prefereren Saanen geiten een ligplek op hoogte boven een ligplek op de begane grond?
2. Is er bij deze geiten sprake van een voorkeur om te liggen op een harde of een zachte ondergrond?
3. In welke mate en waarvoor gebruiken deze geiten verhoogde platforms gedurende het etmaal?
4. In welke mate raken de ligplateaus vervuild door urine en mest, of mesten en urineren de geiten bij voorkeur op de absorberende begane grond van de potstal?

4.2 Materiaal en methode

4.2.1 Dieren en verhoogde platforms

In de stal op Boerderij Breevoort zijn circa 900 melkgeiten in één groep gehuisvest. Deze geiten worden tweemaal daags gemolken (05:00 – 08:30 en 16:00 – 19:30 uur), hebben permanent toegang tot ruwvoer en water en krijgen in een voercarrousel individueel krachtvoer toegediend. Tussen 05:00 en 21:00 uur is de stalverlichting aan. Het grote aantal dieren maakt betrouwbare, systematische observaties van hun gedrag praktisch onmogelijk. Daarom is besloten om in een afgescheiden ruimte in een hoek van de stal (*Figuur 4*) het gebruik van platforms door 16 gehoornde, droogstaande, niet-drachtige overlopers (geiten die niet drachtig zijn geraakt na de dekperiode) te registreren.



Figuur 4 Schematische weergave van de verhoogde platforms in de afgescheiden ruimte. Afmetingen zijn in centimeters weergegeven.

Tot de start van de pilotstudie werden deze 16 geiten als groep in een naastliggende stal op stro gehouden. Nadat eind mei 2024 de verhoogde platforms in de testruimte werden geplaatst, zijn de 16 geiten op 4 juni vanuit de naburige stal naar deze afgescheiden testruimte in de melkgeitenstal overgebracht. De groep van 16 dieren bleef daarbij ongewijzigd. Bij aanvang van de pilotstudie waren de geiten gemiddeld $1,9 \pm 0,4$ jaar oud. Van de 16 geiten waren er drie gekruist met Alpine-geiten, twee met Nubische geiten, en de overige elf waren volbloed Saanen-geiten. De geiten kregen 's ochtends en 's avonds krachtvoer aan het krachtvoerhek en beschikten ad libitum over ruwvoer. De geiten in de pilotgroep waren van de rest gescheiden door hekken (Foto 2) en konden de andere geiten zien en horen. Aan de linkerkant van de afgescheiden ruimte was door de hekken heen ook (beperkt) fysiek contact tussen geiten in beide groepen mogelijk.

De verhoogde niveaus bestonden elk uit twee sets van drie platforms van 90 x 240 cm, geplaatst op hoogtes van respectievelijk 50 en 100 cm. Elk van de platforms had als basis dwarsgeplaatst steigerhout (vuren, 30 mm dik) dat aan de uiteinden rustte op aan het balkenframe bevestigde langsliggers, met daarop betonplex (12 mm) voorzien van een antisliplaag.

De betonplex-bodem was ten opzichte van het balkenframe 4,5 cm verlaagd. Dit om eventueel strooisel, rubbermatten of stoeptegels (30 x 30 cm) beter op hun plek te kunnen houden.



Foto 2 *Camerabeeld van de binnen de potstal afgescheiden ruimte met de verhoogde platforms op de eerste dag (4 juni 2024) dat de 16 geiten toegang tot de ruimte kregen.*

Aan weerszijden van de constructie waren de laagste platforms via een trap toegankelijk. Daarnaast waren ze aan de gehele voorzijde toegankelijk omdat de geiten er vanwege de beperkte hoogte (50 cm) vanuit de potstal op konden klimmen. Eenzelfde hoogteverschil dienden de geiten te overbruggen bij het klimmen van de laagste naar de hoogste platforms (Foto 2). Er waren geen trapjes naar de hoogste platforms. De ruimte tussen de laagste en de hoogste platforms was dichtgemaakt met betonplex (12 mm) dat tevens dienstdeed als rugdekking voor geiten die op de laagste platforms rustten.

De ingestrooide ruimte onder de hoogste platforms was aan weerszijden vrij toegankelijk en kon door de geiten gebruikt worden om bijvoorbeeld te rusten. Aangenomen werd dat de ruimte onder de laagste platforms daarvoor ongeschikt was vanwege de geringe hoogte. Op alle zes platforms samen was gemiddeld per geit 0,8 m² beschikbaar. In de gehele testruimte was per geit in totaal 3,6 m² vloeroppervlak beschikbaar, inclusief het vloeroppervlak onder de hoogste plateaus en inclusief de voerstoeep achter het ruwvoerhek die verhoogd was aangebracht (Figuur 4). Ten opzichte van de in potstallen gangbare 1,3 m² per geit hadden de geiten daarmee voldoende ruimte om hun voorkeur om te rusten op de ingestrooide ondergrond dan wel op de platforms op 50 of 100 cm hoogte, tot expressie te brengen.

4.2.2 Beeldregistratie

Op Boerderij Breevoort was een Annke Vision⁴⁰ systeem beschikbaar voor het continu monitoren van de melkgeiten. Het systeem was voorzien van 3 camera's die verschillende delen van de stal in beeld brachten (Foto 3). Gedurende het pilot-onderzoek werd door de melkgeitenhouder via de Annke Vision-app aan de betrokken onderzoeker toegang verleend tot het systeem, zodat deze laatste op zijn mobiele telefoon permanent kon beschikken over live-beelden van de camera's.

Voor het gedragsonderzoek aan de geiten in de testruimte werden de beelden van camera 3 (Aflamhok 3) het meest geschikt geacht. Deze camera had alle verhoogde platforms volledig in beeld, inclusief de voerruimte en vrijwel de gehele testruimte naast de verhoogde platforms. Met medewerking en toestemming van de melkgeitenhouder zijn de beelden van de camera's in de Annke-recorder opgeslagen in opeenvolgende bestanden van ca. 1 GB elk, die handmatig naar een extern opslagmedium zijn gedownload en vandaar in de cloud zijn opgeslagen. Om, met behoud van voldoende beeldkwaliteit, de omvang van de bestanden te beperken is de standaard beeldsnelheid (*framerate*) van 25 beelden per seconde teruggebracht naar 6 beelden per seconde.

⁴⁰ https://eu.annke.com/products/h800-8ch-8-cam-system?_pos=2&_psq=H800&_ss=e&_v=1.0: specificities: H800 – 4K 8 Channel 8 Camera's PoE Security System, Human & Vehicle Detection, Built-in Microphone, Color & IR Night Vision, RTSP Supported – Turret / 4 TB.

Van 4 juni tot het eind van de pilot (8 september) zijn alle beelden (96 dagen x 24 uur) van camera 3 opgeslagen en voor het onderzoek beschikbaar gesteld voor nadere analyse.



Foto 3 Deels complementaire beelden van camera-1 (linksboven), camera-2 (rechtsboven) en camera-3 (onder) van het Annke-vision systeem op Boerderij Breevoort. Met camera-3 zijn de verhoogde platforms volledig in beeld, inclusief de voerruimte en vrijwel de gehele testruimte.

4.2.3 Behandeling en waarnemingen

Om na te gaan in hoeverre de geiten een verhoogde, harde ondergrond zouden prefereren boven het gangbare strobed in de potstal, zijn de platforms uitgerust met bodems van betonplex. Gedurende de eerste zes weken hadden de geiten de keuze tussen deze harde, kale bodems en het gebruikelijke strobed in de stal. Dit was inclusief een gewenningsperiode van drie weken. Daarna zijn de platforms gedurende drie weken met stro ingestrooid, waarna weer werd teruggekeerd naar de kale betonplexbodems. Dit om eventuele tijds- of gewenningseffecten te kunnen inschatten. Na krap twee weken zijn de platforms voorzien van betonnen stoeptegels. Dit om inzicht te krijgen in de eventuele voorkeur van geiten voor een solide, harde ondergrond van beton. De platforms, inclusief de stoeptegels, zijn tenslotte na twee weken verwijderd, waarna de geiten gedurende nog een etmaal in het strohok zijn geobserveerd. Daarna is de pilotstudie beëindigd omdat de afgescheiden ruimte weer nodig was als aflammerhok.

Met enige regelmaat is tijdens het pilotonderzoek de voortgang ervan tussen de betrokken onderzoekers, de melkgeitenhouder en diens adviseur besproken, en zijn keuzes gemaakt voor de aan te bieden ondergrond en de duur van de behandeling. Aan deze gesprekken werd online ook deelgenomen door melkgeitenhouder Mattijn Pape. In *Tabel 2* zijn de ondergronden (= experimentele behandeling) weergegeven die vanaf de aangegeven data achtereenvolgens zijn doorgevoerd. In de laatste kolom zijn de periodes vermeld waarin het gedrag van de geiten is geanalyseerd.

Geiten zijn actieve, beweeglijke dieren die relatief snel van gedrag kunnen veranderen. Meer dan 25% van alle ligperiodes bij melkgeiten blijken korter dan 10 minuten te duren (Zobel et al. 2015). Om de betrouwbaarheid van de gedragsgegevens te verhogen zijn alle videobeelden daarom met intervallen van 2 in plaats van de vaak gebruikte 10 minuten (Andersen & Bøe, 2007; Ehrlén et al., 2010a; Gomes et al., 2018) uitgelezen. Voor het uitlezen van de beeldopnames is gebruik gemaakt van de 'Behavioral Observation Research Interactive Software' (BORIS, versie 8.25.4).

Dit is een gratis en open-source applicatie die kan worden gebruikt op GNU/Linux- en Windows-besturingssystemen⁴¹. Alle gedragsgegevens zijn per 2-minuten voor nadere analyse opgeslagen in Excel.

Tabel 2 *Overzicht van experimentele behandelingen met verschillende platformondergronden en bijbehorende observatiedata en -periodes (camerabeelden).*

Ondergrond	Met ingang van	Data waarop periodes zijn geselecteerd voor analyse	Periode waarin gedrag is gekwantificeerd
Betonplex	4 juni	5, 12, 19 en 26 juni, 3, 10, 17 en 18 juli	01.30 – 03.30 13.30 – 15.30
		16 juli	24 uur
Stro	22 juli	24 en 31 juli, 7 en 8 augustus	01.30 – 03.30 13.30 – 15.30
		6 augustus	24 uur
Betonplex	12 augustus	14, 21 en 22 augustus	01.30 – 03.30 13.30 – 15.30
		20 augustus	24 uur
Stoeptegels	23 augustus	28 augustus, 4 en 5 september	01.30 – 03.30 13.30 – 15.30
		3 september	24 uur
Strohok (zonder platform)	6 september	7 september	24 uur

Voor de groep als geheel is iedere 2 minuten, voor de aangegeven data en periodes, het aantal geiten geregistreerd dat op de aangegeven locaties onderstaand gedrag vertoonde:

- Staan/lopen op de hoogste platforms.
- Liggen op de hoogste platforms.
- Staan/lopen op de laagste platforms.
- Liggen op de laagste platforms.
- Staan/lopen op de begane grond naast of voor de platforms.
- Liggen op de begane grond naast of voor de platforms.
- Staan/lopen in de ruwvoerruimte.
- Liggen in de ruwvoerruimte.
- Staan aan het krachtvoerhek.
- Verblijven onder de platforms.

Indien geiten zich onder de platforms bevonden, waren deze op geen enkele camera zichtbaar. Het aantal geiten dat zich onder de platforms bevond, is daarom berekend door het totaal aantal aanwezige geiten te verminderen met het aantal zichtbare geiten. Het is aannemelijk dat geiten die zich onder de platforms bevonden, daar niet actief waren maar voornamelijk lagen te rusten. Tussen staan en lopen is in het algemeen geen onderscheid aangebracht.

4.2.4 Bevuiling van platforms met mest en urine

Aanvankelijk was het voornemen om via 'focal animal sampling' de locaties waar geiten urineren en mesten in beeld te brengen. Om de volgende drie redenen is daarvan afgezien: 1) gelet op de lage frequentie van urineren en defeceren en de noodzaak om geiten hiervoor continu te volgen, zou dit een onevenredig groot beslag leggen op de middelen, beschikbaar voor het uitlezen van videobeelden; 2) urineren valt op beeldopnames van geiten relatief gemakkelijk te herkennen, omdat geiten bij urineren een specifieke (hurk)houding aannemen, maar mesten is op de videobeelden lastig te zien; 3) geiten die zich onder de platforms bevonden, waren op de camerabeelden sowieso niet te zien, evenmin als hun houding en gedrag. Als alternatief is, met het oog op een kwalitatieve beoordeling, de vervuilingsgraad van de platforms op gezette tijden op foto's vastgelegd.

⁴¹ <https://www.boris.unito.it> (geraadpleegd december 2024).

4.2.5 Statistische analyses

Waarnemingen – 24 uur

Per behandeling is na een gewenningsperiode gedurende één volledig etmaal het gedrag van de geiten iedere 2 minuten geregistreerd en is op groepsniveau de tijd besteed aan de verschillende gedrag/locatie combinaties berekend. Deze beschrijvende statistiek geeft inzicht in de circadiane ritmiek en in de hoeveelheid tijd die geiten liggend, staand of etend per etmaal doorbrengen op de verschillende locaties in de testruimte. Daarnaast zijn deze 24-uurs patronen gebruikt voor de selectie van de meest relevante rustperiodes.

Waarnemingen – 2 uur

Voor de analyse van deze rustperiodes is toetsende statistiek (R version 4.4.1⁴²) gebruikt om de invloed van de ondergrond (betonplex, stro, stoeptegels), deel van het etmaal (middag, nacht) en de locatie ten opzichte van de platforms (onder, beneden, boven) op het gedrag (liggen, staan) van de geiten te verklaren. Voor deze analyse is per twee-uurs sessie het aantal minuten dat een geit in de groep een bepaald gedrag vertoonde bepaald. Elke sessie bestond uit een reeks van 60 scans. Gedurende het experiment werden de platforms achtereenvolgens voorzien van verschillende bodemtypen (Tabel 3). Om inzicht te krijgen in eventuele gewinningseffecten, zijn de eerste en tweede periode waarin de platforms voorzien waren van een ondergrond van betonplex met elkaar vergeleken.

Tabel 3 Toegepaste volgorde van ondergrondtypes en aantal twee-uurs observaties per type.

Ondergrond	Aantal sessies
Betonplex met anti-sliplaag	18
Stro	10
Betonplex met anti-sliplaag	8
Stoeptegels	8
Strohok (zonder platform)	2

De betonplex ondergrond is in de loop van het experiment eenmaal herhaald. Dit is belangrijk omdat er verschillen kunnen zijn in de respons van de geiten op deze behandeling als gevolg van gewinning. Er zijn in totaal 23 Middag en 23 Nacht sessies van ieder 60 (120/2 minuten) meetmomenten; in totaal 2760 records in de datafile.

Statistisch model

Om het effect van de factoren ondergrond, deel van het etmaal en locatie ten opzichte van de platforms op het gedrag van de geiten te schatten is een 'generalized linear mixed model' (GLMM) met een bètaverdeling en een logit-linkfunctie toegepast⁴³ op de fractie geiten die gedurende een sessie op een betreffende locatie bepaald gedrag vertoonde. De bètaverdeling wordt in een regressiemodel gebruikt wanneer de afhankelijke variabele een proportie of een fractie is (in ons model de fractie geiten dat een bepaald gedrag vertoont), dat wil zeggen wanneer de uitkomstwaarden tussen 0 en 1 liggen. In die gevallen, waarin geen enkele geit op een betreffende locatie bepaald gedrag vertoonde, zijn nullen daarom vervangen door 0,00001. Omdat per sessie de fractie dieren is bepaald die op, onder of naast het platform een specifiek gedrag vertoonde, bevat het bestand drie waarnemingen per sessie (één per locatie). Sessie is daarom als random factor in het model opgenomen om rekening te houden met de afhankelijkheid tussen deze herhaalde metingen binnen dezelfde sessie.

We hebben modelselectie uitgevoerd met behulp van het Akaike Informatiecriterium (AIC). AIC helpt bij het selecteren van een model dat data goed beschrijft zonder overbodige complexiteit. Telkens is begonnen met een model met een drie-weg interactie tussen locatie, deel van het etmaal en ondergrond, samen met de random factor sessie. Niet-significante interacties werden stapsgewijs verwijderd, te beginnen met de drieweg interactie, en daarna de tweeweg interacties, telkens gecontroleerd op een lagere AIC.

⁴² R Development Core Team, 2024. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at: <http://www.R-project.org/> (geraadpleegd december 2024).

⁴³ https://rcompanion.org/handbook/J_02.html (geraadpleegd december 2024).

Dit proces werd voortgezet totdat het model met de laagste AIC-waarde werd bereikt. Tijdens dit modelselectieproces werd de Maximum Likelihood (ML)-estimator gebruikt om de geneste modellen te vergelijken die verschillen in fixed effects. Voor significantie interacties of hoofdeffecten werden paarsgewijze vergelijkingen uitgevoerd met de Tukey-methode.

Voordat de modelselectie werd uitgevoerd, is de beste variantiestructuur voor het 3-weg interactiemodel onderzocht. Dit gebeurde door de impact van verschillende variantiestructuren te vergelijken, waarbij de REML-estimator werd gebruikt om de modellen met verschillende variantiestructuren te schatten. De eerste stap was het testen van een model met gelijke varianties voor alle combinaties van de factoren (behandeling, deel van het etmaal, locatie), gevolgd door modellen met ongelijke varianties voor de verschillende combinaties van de factoren. Residu-analyse werd uitgevoerd met behulp van het 'DHARMA' R-pakket, versie 0.2.6 om te controleren of aan de aannames van het gebruikte model werden voldaan.

Door de geschatte fracties ("response") te vermenigvuldigen met 120 (sessielengte in minuten) zijn de resultaten gepresenteerd als tijd (in minuten) die gemiddeld per geit bij een bepaalde ondergrond op een specifieke locatie werd doorgebracht.

4.2.6 Onvoorziene gebeurtenissen

Een vierde camera is getest om ook dieren onder de platforms (Foto 4A) op beeld vast te leggen, maar de lichtinval en de kwetsbare positie ten opzichte van de dieren vereisten een grote behuizing voor veilige plaatsing. Omdat dit de in- en uitloop van geiten zou hinderen en mogelijk ongevallen zou kunnen veroorzaken, is besloten de camera niet te installeren.

Tijdens het zoeken naar een geschikte camerapositie tijdens de eerste gewenningsweken, werd op de muur naast de hoogste platforms een schriklint opgemerkt dat de geiten ervan moest weerhouden het windbreekgas te slopen. Daarop ontstond de gedachte dat dit de oorzaak zou kunnen zijn van het, tot dan toe, opvallend geringe gebruik van de hoogste platforms door de geiten. Om de geiten in geen geval te belemmeren in het gebruik van de hoogste platforms, is op 3 juli het schriklint afgeschermd met betonplex (Foto 4B en 4C). Of dit van invloed is geweest op het gedrag van de geiten is moeilijk te zeggen.

Op 5 juli moest één van de Alpine-kruislingen in de pilotgroep door de dierenarts worden geëuthanaseerd na vermoedelijk een gebroken nek. Camerabeelden toonden aan dat enkele geiten 's ochtends vroeg, voorafgaand aan het incident, onrustig waren en elkaar van de platforms wegstootten. De Alpine-kruisling kwam na een sprong van het platform pijnlijk ten val, waarna ingrijpen noodzakelijk bleek. We beschouwen dit als een ongelukkig incident. Uit de literatuur, noch uit praktijkexperimenten met verhoogde platforms in groepen tot 200 melkgeiten (De Blije Geit, Papen-Olbach, Vragender), zijn soortgelijke ongevallen bekend. Niettemin is het bij de ontwikkeling en toepassing van platforms en andere verrijkingselementen van belang om de veiligheid van de dieren in het oog te houden. Vanaf 5 juli zijn er dus 15 melkgeiten in de pilotgroep. Op de analyse van fracties heeft dit nauwelijks invloed.

De dwarsgeplaatste steigerplanken en betonplex bodemplaten lagen in eerste instantie los op de steunbalken en werden alleen door hun gewicht en het frame op hun plaats gehouden. Dit stelde geiten onder de platforms in staat om deze op te lichten, wat ze soms ook deden. Met als gevolg een instabiele ondergrond. Om dit te voorkomen zijn op 9 juli op alle platforms blokkeerhoeken aangebracht.



Foto 4 Opnamecondities onder de hoogste platforms (A). Geiten komen de modificatie onmiddellijk inspecteren (B). Schriklint onder ramen afgeschermd met (verticaalgeplaatste) betonplex platen (C).

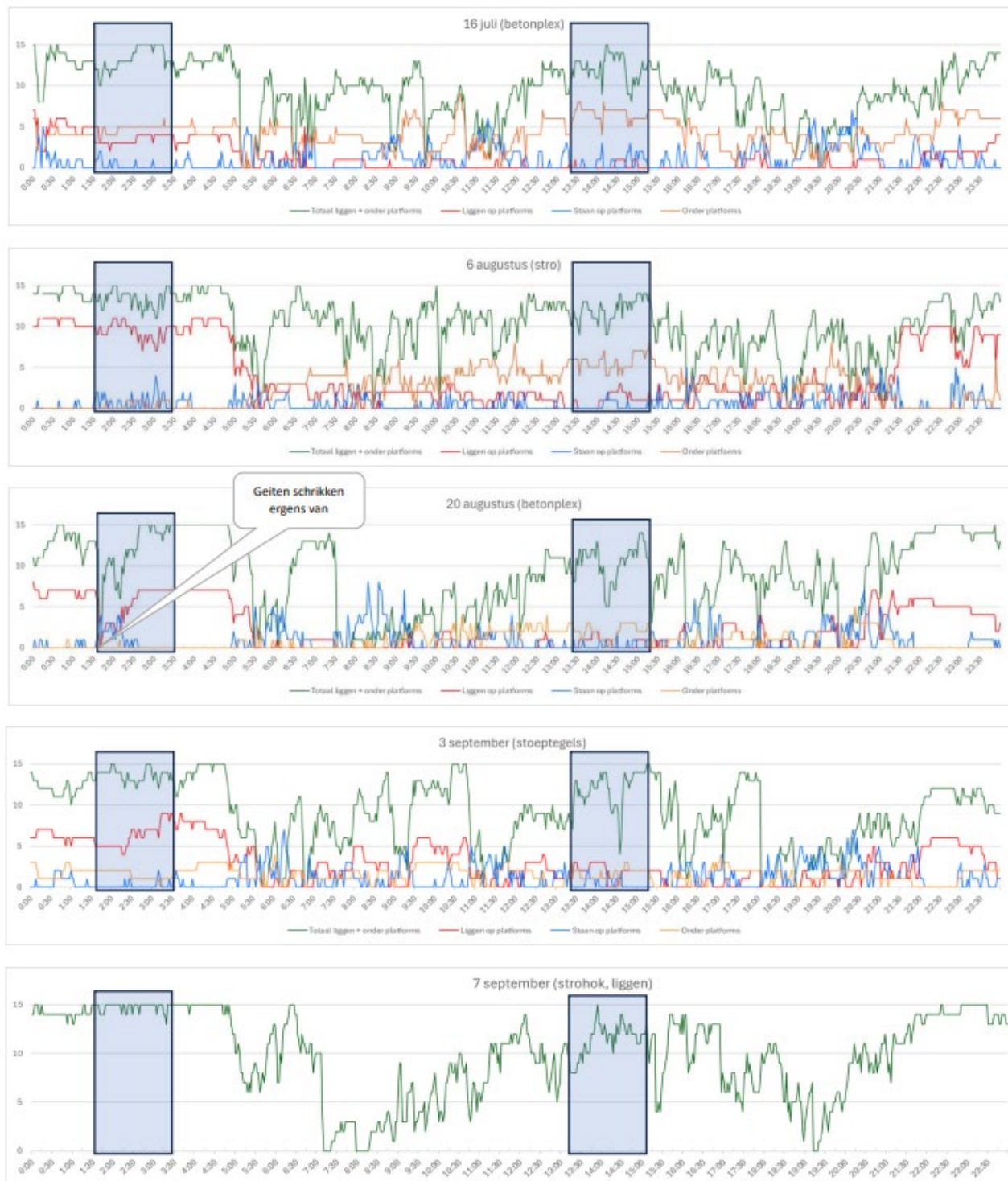
4.3 Resultaten

4.3.1 Waarnemingen – 24 uur

Om te bepalen welke delen van het etmaal voor de geiten in het pilotonderzoek als consistente rustperiodes kunnen worden beschouwd, is hun gedrag gedurende vijf etmalen over de volledige 24 uur in beeld gebracht. (Figuur 5). De grafieken illustreren het verloop van het sta- en het liggedrag van de groep geiten waarbij is aangenomen dat geiten die zich onder de platforms bevonden, daar voornamelijk lagen. Uit de overzichten blijkt dat de twee-uurs periodes 's nachts van 01.30 - 03.30 uur en 's middags van 13.30 - 15.30 uur (uitgelicht) periodes waren waarin de meeste geiten rustten. Deze twee-uurs rustperiodes zijn daarom geselecteerd voor nadere analyse over meerdere dagen (Paragraaf 4.2.5).

Zoals verwacht, bleken de geiten in het algemeen vooral actief in de periode dat het licht in de stal aan was (05:00-21:00 uur) en was er verhoogde activiteit wanneer bij de melkgeiten in de naastgelegen grote groep activiteiten plaatsvonden als melken, voeren en instrooien. In de periode dat het licht uit was (21:00 - 05:00 uur) heerste er rust in de stal en lagen de meeste geiten. Over het gehele etmaal genomen, stond een groot deel van de tijd een wisselend, klein aantal geiten op de platforms (Figuur 5).

Na een periode van 6 weken (4 juni - 16 juli) werden de platforms met betonplex ondergrond door slechts één of enkele geiten gebruikt om op te liggen, met uitzondering van de donkerperiode, waarin er gemiddeld 4-5 geiten op de platforms lagen. Het instrooien van de platforms met stro lijkt het animo bij de geiten om erop te liggen over het gehele etmaal te hebben verhoogd, met in de donkerperiode dubbel zoveel (ca. 10 van de 15) geiten die op de platforms lagen. Nadat het stro was verwijderd, en opnieuw een ondergrond van betonplex en daarna van stoeptegels werd aangeboden, leken de geiten weer minder op de platforms te liggen. Wel lijkt het gebruik als rustplaats gedurende het etmaal op een wat hoger niveau te blijven, vergeleken met de eerste 24 uur met betonplex. In de loop van de tijd lijken de geiten daarentegen steeds minder geneigd om zich onder de platforms op te houden. Het circadiane patroon in het liggedrag lijkt uit de 24-uurs waarneming van 7 september (platforms verwijderd) niet te verschillen van de vier etmalen waarin de platforms aanwezig waren. In Figuur 6 is de tijdsbesteding van de geiten na gewinning in cirkelgrafieken gekwantificeerd (%) voor elk van de vier etmalen waarin de platforms aanwezig waren. In Figuur 7 is in een vergelijkbare grafiek de tijdsbesteding van de geiten geïllustreerd nadat de platforms verwijderd waren en de geiten beschikten over een open, ingestrooide ruimte (strohok).



Figuur 5 Aantal geiten (Y-as) dat staat of ligt op of onder de platformen en dat ligt in totaal gedurende een etmaal (X-as) op een ondergrond van respectievelijk betonplex, stro, betonplex en stoeptegels en dat ligt bij afwezigheid van de platformen (strohok). Uitgelicht zijn de nader geselecteerde rustperiodes van 2 uur 's nachts en 's middags.

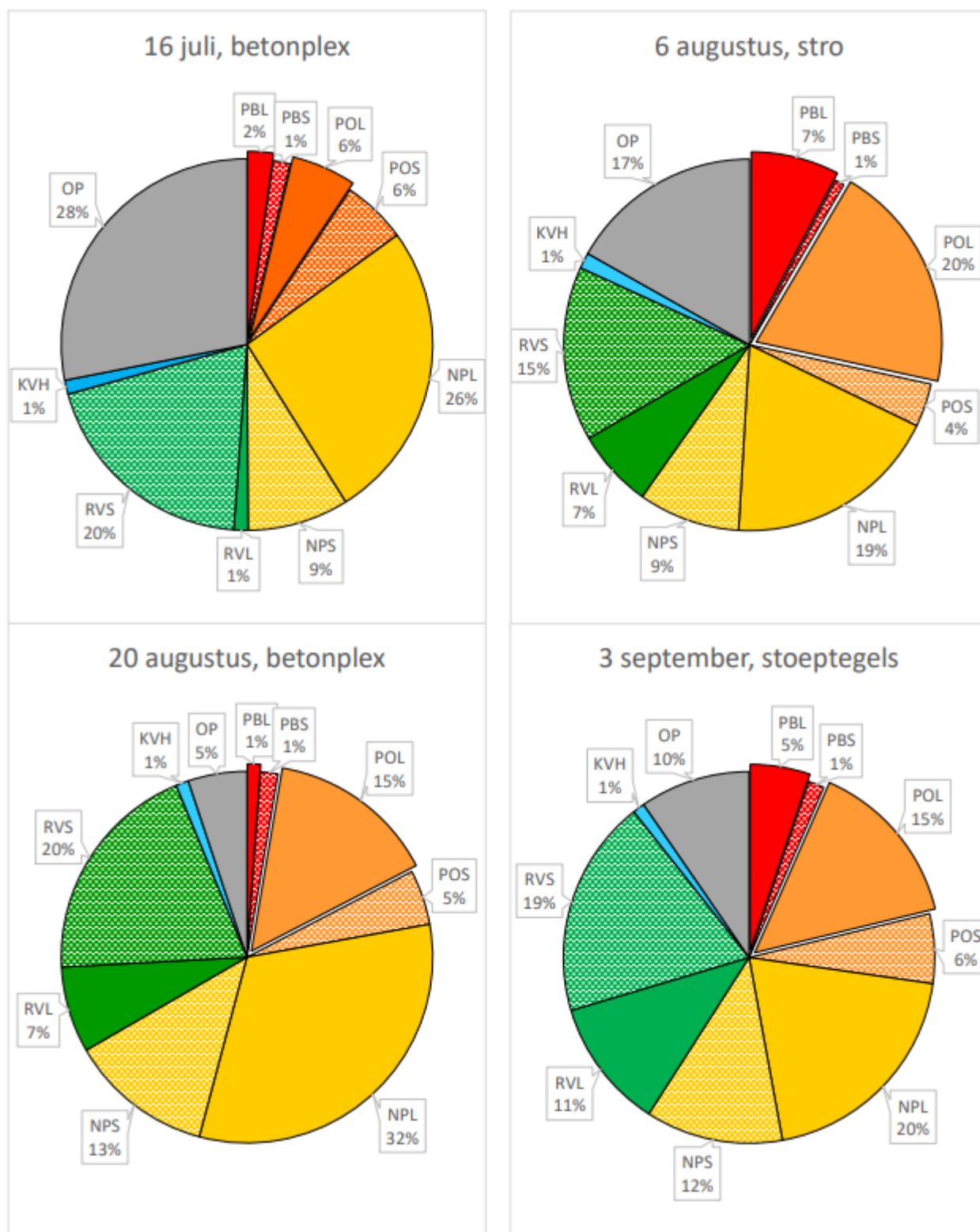
Tabel 4 Procentuele tijdsbesteding van geiten per etmaal aan liggen en staan per functiegebied in de stal in aanwezigheid (n=4; gemiddelde $\pm$ SD) en afwezigheid (n=1) van platforms, ongeacht hun ondergrond.

Functie	Gebied	Platforms aanwezig (n=4)			Platforms afwezig (n=1)		
		Liggen	Staan	Totaal	Liggen	Staan	Totaal
Eten	Ruwvoerstoep	6,7 $\pm$ 4,15	18,3 $\pm$ 2,11	25,0 $\pm$ 4,40	7,5	16,3	23,8
	Krachtvoerhek	0	1,2 $\pm$ 0,15	1,2 $\pm$ 1,20	0	2,3	2,3
Rusten, overig gedrag	Ingestrooide ruimte	24,2 $\pm$ 6,13	10,5 $\pm$ 1,97	34,7 $\pm$ 7,18	59,4	14,6	74,0
	Onder platforms	14,9 $\pm$ 10,02		14,9 $\pm$ 10,02			
	Laagste platforms	13,7 $\pm$ 5,93	5,1 $\pm$ 0,99	18,8 $\pm$ 5,31			
	Hoogste platforms	4,1 $\pm$ 2,95	1,3 $\pm$ 0,33	5,4 $\pm$ 2,65			
	Totaal	56,9 $\pm$ 6,87	16,9 $\pm$ 2,74	73,8 $\pm$ 4,38	59,4	14,6	74,0

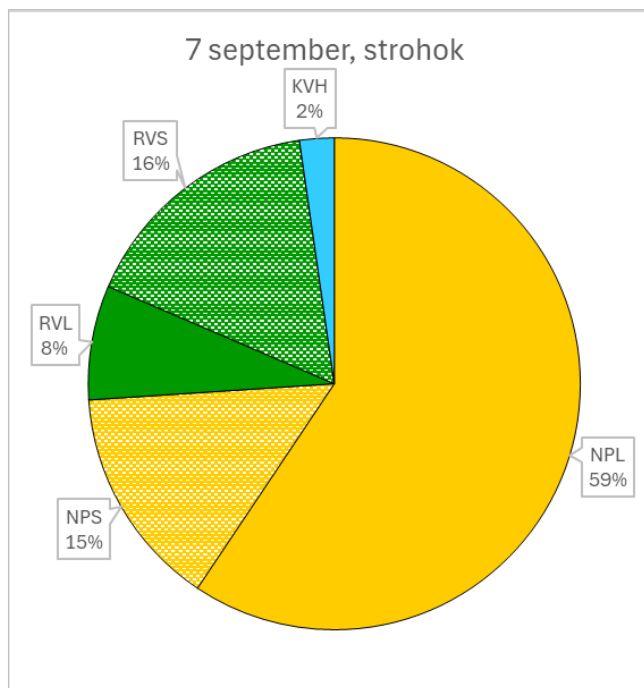
In Tabel 4 is de tijdsbesteding van de geiten per etmaal in procenten weergegeven. Gemiddeld over de 4 etmalen waarin de platforms aanwezig waren, lagen de geiten ca. 60% van de tijd. De aanwezigheid van platforms had daarop geen invloed; ook in de situatie zonder platforms lagen de geiten per etmaal ca. 60% van de tijd. De overige ca. 40% van de tijd besteedden de geiten aan voeropname (ca. 25%; ruw- en krachtvoer) of stonden of liepen ze in de daarvoor beschikbare, ingestrooide ruimte (ca. 15%). Duidelijk is dat, indien platforms werden aangeboden, de geiten hier gemiddeld bijna 40% van het etmaal gebruik van maakten, hetzij om er onder (ca. 15%) of op (ca. 25%) te verblijven waarbij de hoogste platforms duidelijk het minst werden gebruikt.

Het is opmerkelijk dat de geiten op 16 juli, het eerste volledige etmaal na gewenning, de meeste tijd doorbrachten (om te rusten) onder de platforms (28%) in plaats van (liggen) in de ingestrooide ruimte ernaast (26%) of (liggen) op de platforms (8%) (Figuur 6). Incidenteel zijn er zelfs geiten waargenomen die onder de laagste platforms (50 cm) lagen. Gedurende de opeenvolgende waarnemingen lijkt het rusten onder de platforms af te nemen van 28%, naar 17%, naar 5% en uiteindelijk naar 10% (Figuur 6). Ook op de verhoogde ruwvoerstoep lagen af en toe geiten.

Verder suggereert Figuur 6 dat de platforms, ongeacht de ondergrond, vooral tijdens de donkerperiode 's nachts werden gebruikt om op te liggen, met name vanaf 6 augustus nadat de platforms zijn ingestrooid (geweest) met stro.



Figuur 6 Tijd besteed aan liggen ($x=L$; vlak ingekleurd) en staan ($x=S$; patroon) van melkgeiten per etmaal bij achtereenvolgende ondergronden betonplex, stro, betonplex en stoeptegels in de verschillende gebieden in de stal: platforms boven (PBx), platforms onder (POx), naast platforms (NPx), ruwvoerstoep (RVx), krachtvoerhek (KVH) en onder de platforms (OP).



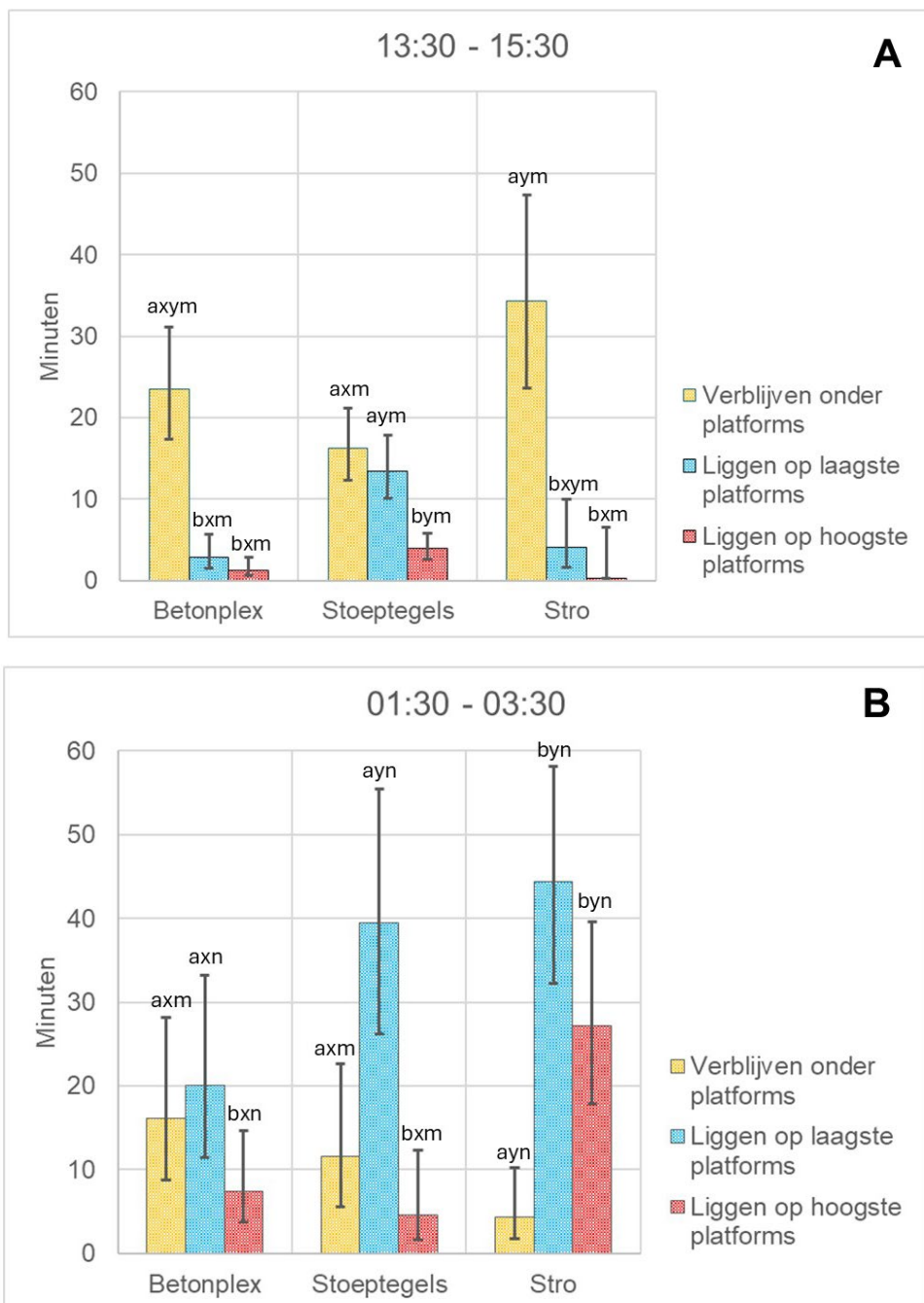
Figuur 7 Tijd besteed aan liggen ($x=L$; volvlak ingekleurd) en staan ($x=S$; patroon) door melkgeiten per etmaal op de verschillende posities in de stal: ingestrooid strohok (NPx), ruwvoerstoep (RVx) en krachtvoerhek (KVH).

4.3.2 Waarnemingen – 2 uur

In onderstaande twee grafieken is het platformgebruik van de geiten weergegeven, gemiddeld voor de specifieke rustperiodes van twee uur, 's middags (13:30-15:30) en 's nachts (1:30-3:30) en voor elk van de toegepaste ondergronden.

Liggen

Het gebruik van de platforms door de geiten werd duidelijk beïnvloed door het tijdstip van de dag, en dit effect verschilde per type ondergrond (Figuur 5). Bij een ondergrond van betonplex ($n=2$) verbleven de geiten gemiddeld zowel 's middags als 's nachts even lang onder de platforms. Wel lagen ze 's nachts significant langer ($P < 0,05$) dan 's middags op zowel de laagste als de hoogste platforms. Een vergelijkbaar patroon werd gezien bij de ondergrond van stoeptegels: de tijd die de geiten onder de platforms doorbrachten verschilde niet tussen 's middags en 's nachts, maar 's nachts lagen ze vaker dan 's middags op de laagste platforms ($P < 0,05$). Op de hoogste platforms werd geen verschil in ligtijd gevonden tussen 's middags en 's nachts. Het instrooien van de platforms met stro veranderde dit beeld. In die situatie verbleven de geiten 's nachts in vergelijking met 's middags minder ($P < 0,05$) onder de platforms, maar lagen ze langer ($P < 0,05$) op zowel de laagste als de hoogste platforms. Bij de ingestrooide platforms verbleven de geiten 's middags daarentegen langer ($P < 0,05$) onder de platforms dan erop.



Figuur 8 Gemiddeld aantal minuten per geit per twee uur (met 95% betrouwbaarheidsinterval), besteed aan liggen gedurende rustperiodes 's middags (A) en 's nachts (B) voor de behandelingen betonplex, stoeptegels en stro en de locaties onder en op de platforms (laagste, hoogste). Waar de letters (a,b) verschillen is sprake van significante ($P < 0,05$) verschillen tussen locaties binnen behandelingen; vergelijkbaar duiden verschillende letters (x,y) op significante ($P < 0,05$) verschillen tussen behandelingen binnen locaties en verschillende letters (m,n) op significante ($P < 0,05$) verschillen tussen middag en nacht binnen behandelingen x locatie combinaties.

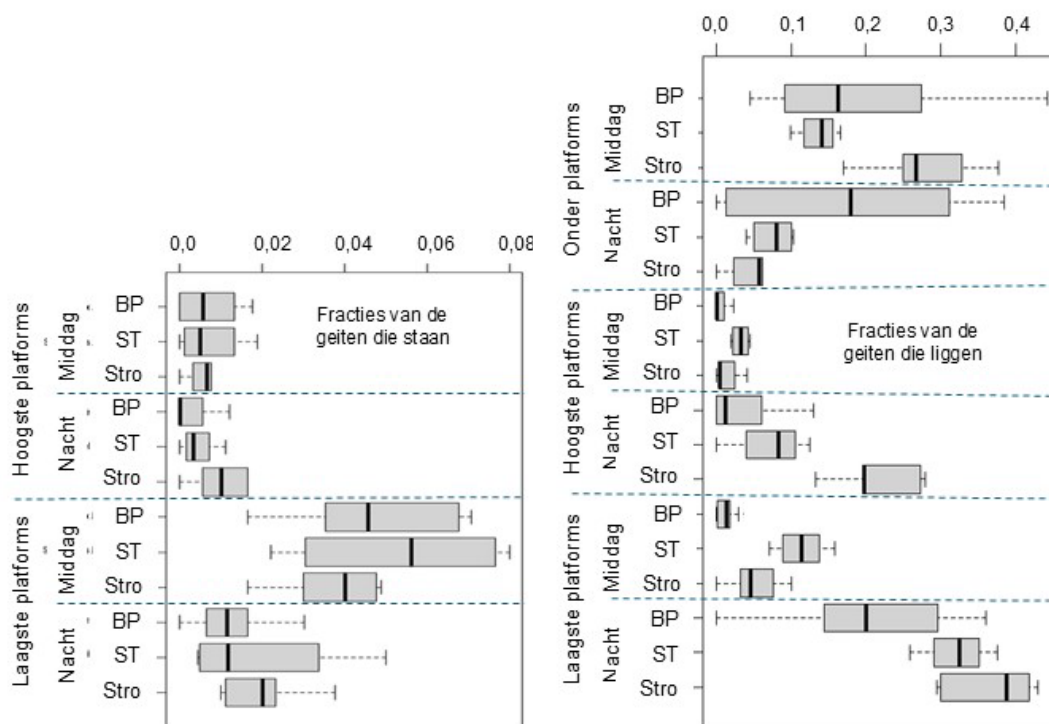
Een analyse over de verschillende behandelingen heen toonde het volgende: het instrooien van de platforms met stro ging 's middags gepaard met een langere ($P < 0,05$) verblijfsduur onder de platforms in vergelijking met stoeptegels, maar niet met betonplex. 's Nachts verbleven de geiten bij ingestrooide platforms echter korter ($P < 0,05$) onder de platforms dan bij een ondergrond van betonplex of stoeptegels, die onderling niet verschilden. Bij een stoeptegelondergrond lagen de geiten 's middags langer ($P < 0,05$) op de laagste platforms dan bij een ondergrond van betonplex, terwijl de ligtijd niet verschild van die bij ingestrooide platforms. 's Nachts lagen de geiten bij een ondergrond van stoeptegels of stro langer ($P < 0,05$) op de laagste platforms dan bij een ondergrond van betonplex. Tenslotte lagen de geiten 's middags langer ($P < 0,05$) op de hoogste platforms bij een ondergrond van stoeptegels dan bij een ondergrond van betonplex of stro, terwijl ze 's nachts langer ($P < 0,05$) op de hoogste platforms lagen bij een ondergrond van stro in vergelijking met een ondergrond van betonplex of stoeptegels.

Staan: Omdat de aanname is dat geiten die zich onder de platforms bevonden, daar voornamelijk lagen te rusten, is bij de analyse van 'staan' de locatie 'onder de platforms' achterwege gelaten. Zowel 's middags als 's nachts had de ondergrond geen invloed op de tijd die geiten in beide rustperiodes op de platforms stonden. Wel werd er consistent langer ($P < 0,05$) op de laagste platforms gestaan dan op de hoogste. Ook werd er, los van de ondergrond, 's middags langer ($P < 0,05$) op de laagste platforms gestaan dan 's nachts; voor staan op de hoogste platforms was er geen verschil. Ten opzichte van de tijd die de geiten gemiddeld op de platforms lagen, was de tijd dat ze stonden relatief kort, met name 's nachts (< 5 minuten).

Samenvattend maakten de geiten tijdens de rustperiode 's nachts meer dan 's middags gebruik van de platforms om op te liggen, ongeacht de ondergrond. Stro op de platforms stimuleerde de geiten om er 's nachts op te liggen, terwijl dit effect 's middags afwezig was; 's middags werd juist de ruimte onder de platforms meer gebruikt. In het algemeen rustten de geiten meer op de laagste dan op de hoogste platforms. Stoeptegels lijken de geiten tijdens de rustperiode 's middags te stimuleren om vooral op de laagste, en in mindere mate op de hoogste platforms te liggen, meer dan bij een ondergrond van betonplex. De betonplexondergrond werd relatief minder gebruikt om op te liggen, vooral overdag. Ten opzichte van de tijd die de geiten gemiddeld op de platforms lagen, was de tijd dat ze er tijdens de rustperiodes op stonden relatief kort, met name 's nachts (< 5 minuten/2-uur) en niet afhankelijk van het type ondergrond.

4.3.3 Variatie en gewenning

In *Figuur 9* wordt voor elke combinatie van behandeling, dagdeel en locatie een boxplot gepresenteerd die de fractie geiten toont die staan en liggen. Ook hier zijn bij de weergave van de fracties 'geiten die staan' de combinaties met de locatie 'onder de platforms' (OP) achterwege gelaten.

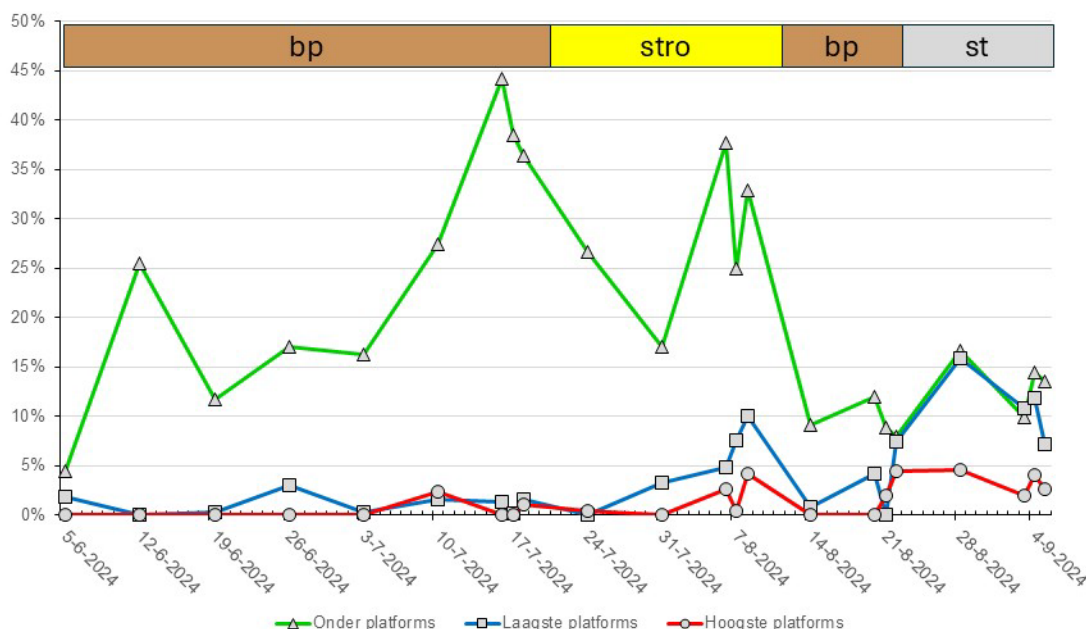


Figuur 9 Boxplots van fracties van geiten die staan (links) of liggen (rechts) voor iedere combinatie van ondergrond (betonplex (BP), stoeptegels (ST) en Stro), dagdeel (Middag, Nacht) en locatie (Onder platforms; Hoogste platforms en Laagste Platforms).

Opvallend zijn de aanzienlijke verschillen in spreiding van deze fracties tussen de diverse combinaties. Om die reden zijn er in de statistische analyse voor de verschillende combinaties van de factoren, modellen met ongelijke varianties gebruikt (zie Paragraaf 4.2.5).

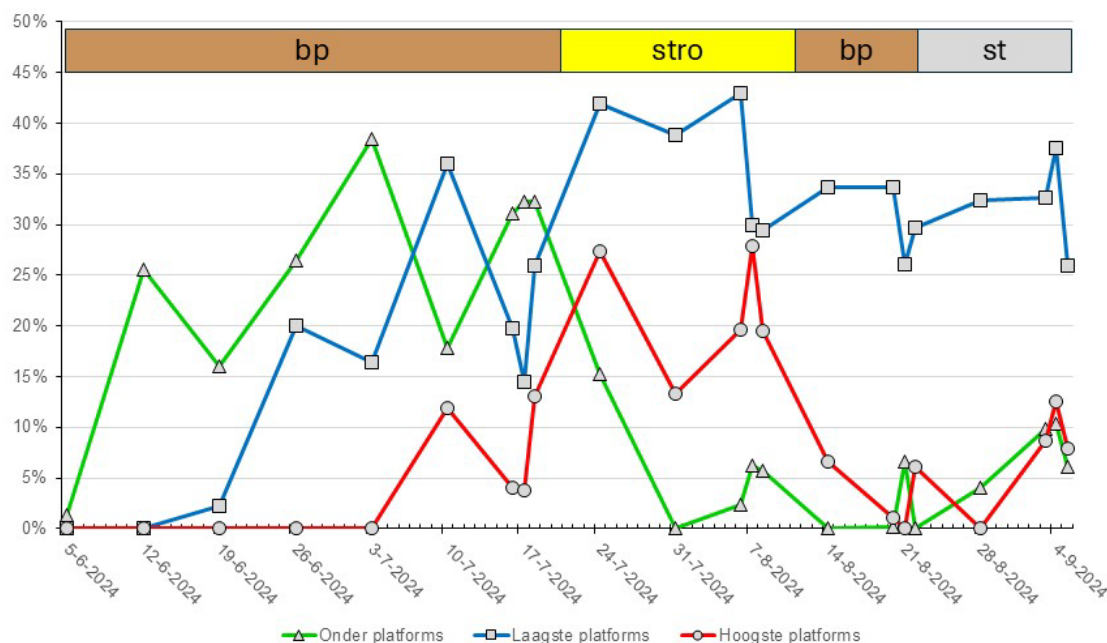
Met name de fractie geiten die tijdens de rustperiode 's middags op de laagste platforms staan, vertoont ten opzichte van de overige fracties geiten die staan (linkerdeel van de figuur), een relatief grote spreiding, vooral bij een ondergrond van betonplex en stoeptegels, en in mindere mate bij ingestrooide platforms. Een vergelijkbaar beeld van relatief grote verschillen in spreiding binnen de fracties geiten die liggen (rechterdeel van de figuur) geldt voor de fracties geiten die, ongeacht het dagdeel, tijdens de rustperiodes onder de betonplexplatforms liggen evenals voor de fracties geiten die 's nachts op de laagste betonplexplatforms liggen. Uit de schaalverschillen tussen het linker- en het rechterdeel van de figuur blijkt ook dat de spreiding in de fracties geiten die liggen (0 – 0,4) gemiddeld vijfmaal zo groot is als bij de fracties geiten die staan (0 – 0,08). Dat duidt op meer variatie in de fractie geiten die liggen, als gevolg van andere dan in het model opgenomen factoren.

Om te bepalen of de geiten in de loop van de pilotstudie de platforms anders gingen gebruiken, zijn de eerste en tweede periode waarin de platforms voorzien waren van een ondergrond van betonplex, met elkaar vergeleken. Van alle mogelijke paarsgewijze verschillen, zijn er slechts twee significant ($P < 0,05$) gebleken. Deze suggereren dat er sprake was van gewinning of invloed van externe factoren die mettertijd veranderden. Tijdens de herhaling van de betonplex-ondergrond werd 's middags meer tijd ($P < 0,05$) op de hoogste platforms gestaan dan tijdens de eerste periode waarin betonplex werd toegepast. De gemiddelde verblijfstijd met 1,9 minuut per geit per 2 uur blijft echter bijzonder kort. Een groter verschil ($P < 0,05$) werd vastgesteld in de tijd die de geiten 's nachts onder de platforms doorbrachten. Deze nam af van gemiddeld 31,1 tot 1,3 minuten.



Figuur 10 Verloop van het aandeel geiten dat 's middags (13.30–15.30) tijdens rustperiodes op of onder de platforms lag bij verschillende ondergronden (betonplex:bp, stro, stoeptegels:st).

Ter illustratie van het verloop van het gebruik van de platforms door de geiten, zijn *Figuur 10* en *Figuur 11* toegevoegd. In de balk bovenin beide figuren zijn de opeenvolgende ondergronden weergegeven.



Figuur 11 Verloop van het aandeel geiten dat 's nachts (01.30–03.30) tijdens rustperiodes op of onder de platforms lag bij verschillende ondergronden (betonplex:bp, stro, stoeptegels:st).

Duidelijk is dat de platforms tijdens de rustperiodes 's middags pas na verloop van tijd en dan nog in beperkte mate, door de geiten gebruikt werden om op te liggen (Figuur 10). Pas bij het gebruik van stoeptegels als ondergrond lijken er meer geiten op de laagste platforms te gaan liggen. Tegelijkertijd zien we een stijgende fractie geiten die de platforms gebruiken om eronder te verblijven. Een trend die lijkt te veranderen met het instrooien van de platforms met stro, maar nadien pas een blijvende afname laat zien bij de ondergronden van (opnieuw) betonplex en stoeptegels. Ook zien we in deze stroperiode een lichte toename in het gebruik van de laagste en hoogste platforms om te liggen.

Figuur 11 illustreert het platformgebruik van de geiten tijdens de rustperiode 's nachts en laat een totaal ander beeld zien. Een week nadat de geiten in de ruimte met de platforms waren geïntroduceerd, verkoos ca. een kwart van de geiten om 's nachts onder de platforms te verblijven. De platforms werden gedurende de gewenningsperiode de eerste drie weken nauwelijks gebruikt. Bij aanvang van de periode waarin de platforms worden voorzien van stro, neemt het gebruik van de ruimte onder de platforms zienderogen af en gebruiken meer de geiten de platforms om op te liggen. In het gebruik van de laagste platforms is een stijgende trend te zien die start na drie weken (bij stoeptegels) en die versterkt lijkt te worden tijdens de periode dat de platforms met stro zijn ingestrooid. Daarna neemt de fractie geiten die op de laagste platforms liggen af en stabiliseert enigszins op een lager niveau. De hoogste platforms lijken bij de geiten minder in trek en worden pas na 6 weken 's nachts voor het eerst door geiten gebruikt om op te liggen, waarna het gebruik in de stroperiode flink toeneemt, om daarna weer te dalen tot een relatief kleine fractie.

De vergelijking van Figuur 10 en Figuur 11 toont aan dat de geiten aanvankelijk ongeacht het tijdstip van de dag bij voorkeur onder, in plaats van op de platforms liggen. 's Nachts verandert dit na verloop van tijd naar een voorkeur voor de laagste, en tijdens de periode waarin de platforms zijn ingestrooid, ook voor de hoogste platforms.

4.3.4 Bevuiling van de platforms met mest en urine

Op 12 augustus voor en nadat de platforms weer strovrij en bezemschoon zijn gemaakt om daarmee terug te keren naar de beginsituatie i.c. platforms met een ondergrond van betonplex, zijn foto's gemaakt om de vervuiling van de platforms in beeld te brengen.

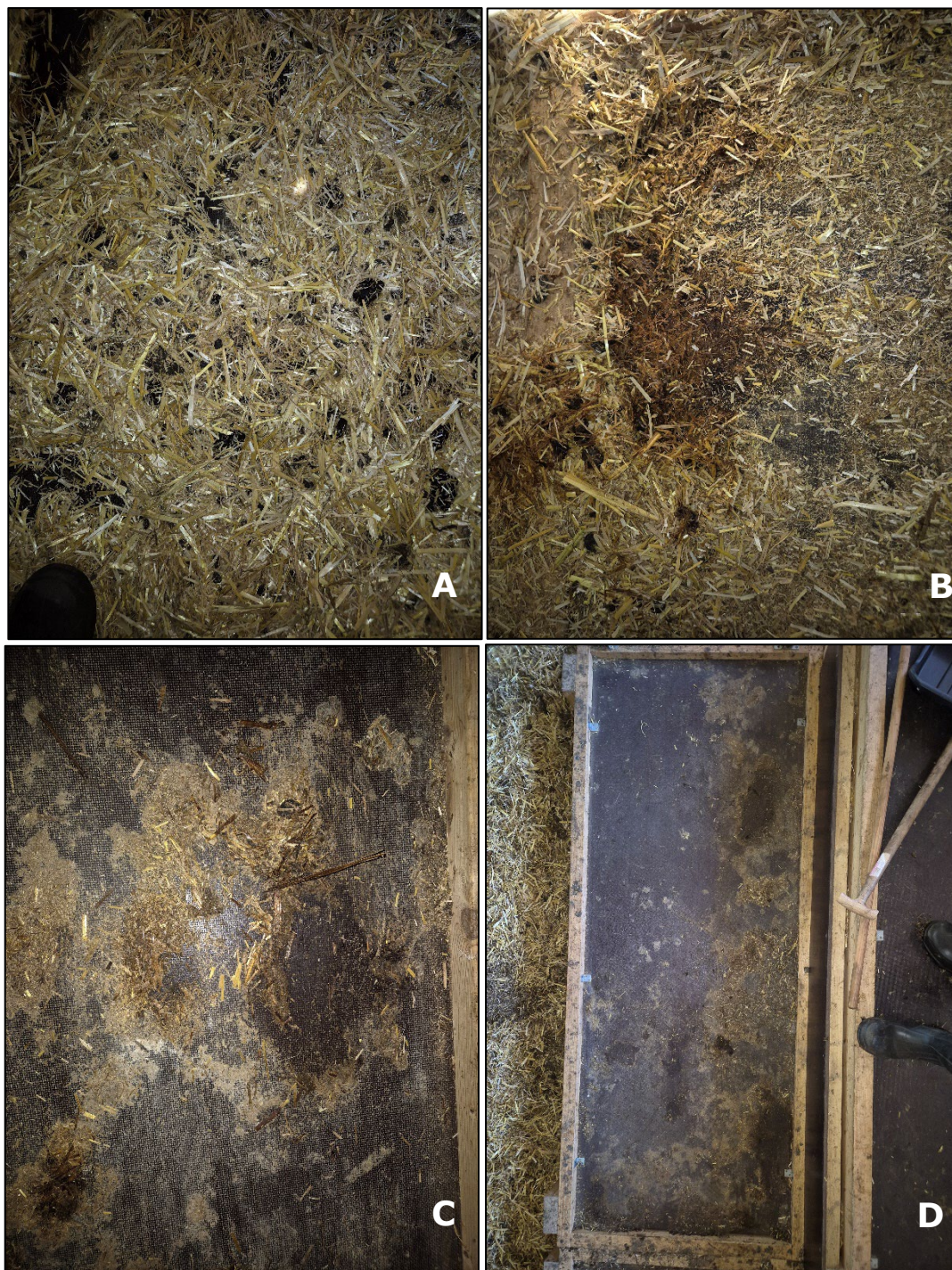


Foto 5 Platformcondities op 12 augustus: losse, luchtige strolaag met keutels (A), natte plek (B), aangekoekte plek van urine, mest en stro (C); betonplexbodem na reiniging met staalborstel (D).

Bij het strovrij maken van de platforms viel op dat het meeste stro los op de platforms lag (5A) en zich gemakkelijk liet verwijderen. Toch waren er hier en daar, met name op de laagste platforms, natte (Foto 5B) en/of aangekoekte (Foto 5C) plekken die zich lastig lieten verwijderen. Een teken dat de geiten ook op de ingestrooide platforms urineren en mesten. Deze plekken bestonden soms uit ingedroogd materiaal, maar soms ook uit vochtige plakken die mest, urine en stro bevatten. Foto 5D toont een platform na handmatig schoonvegen met een staalborstel.

Om te voorkomen dat de platforms te veel vervuild raakten met mest zijn deze op 16 en 20 augustus schoongeveegd. Hieronder volgen opnames van de graad van vervuiling.



Foto 6 Platformcondities op 16 augustus voorafgaand aan het schoonvegen.



Foto 7 Platformcondities op 20 augustus voorafgaand aan het schoonvegen.

Op 23 augustus is overgegaan op een ondergrond van betonnen stoeptegels (30x30cm). Dit om de hypothese te toetsen of geiten die gewend zijn aan rusten op hoger gelegen plateaus, deze plekken frequenter of minder frequent gebruiken als de ondergrond bestaat uit solide, koel beton.

Alvorens de stoeptegels te leggen, zijn de platforms schoongeveegd en is aangekoekte mest/urine/strooisel zoveel als mogelijk verwijderd. Hieronder enkele foto's van de vervuilingsgraad van de laagste, meest gebruikte platforms, zoals deze op 23 augustus zijn aangetroffen, voorafgaand aan het leggen van stoeptegels.



Foto 8 Platformcondities op 23 augustus, na schoonvegen/schoonkrabben en vervolgens na het leggen van stoeptegels.



Foto 9 Platformcondities op 4 september, voor (boven) en na (onder) schoonvegen van stoeptegels.

Samenvattend: Aanvankelijk bleven de platforms redelijk schoon hetgeen waarschijnlijk samenhangt met het relatief geringe gebruik. Nadat de platforms met stro zijn ingestrooid en de geiten er meer gebruik van maakten, nam ook de vervuiling met mest en urine toe. Met name op het ruwe oppervlak van de stoeptegels.

4.4 Discussie en leerpunten

Ondanks het kleinschalige karakter van dit pilotonderzoek (één bedrijf, 15 geiten, 3 maanden) levert deze studie een aantal interessante inzichten op. In deze paragraaf worden de resultaten besproken in het licht van de vier gestelde vragen. Ook wordt er gereflecteerd op de reikwijdte van de bevindingen en de mogelijke vertaling ervan naar de Nederlandse melkgeitenpraktijk.

4.4.1 Voorkeur voor een verhoogde ligplaats

Na overplaatsing naar de testruimte met verhoogde betonplex platforms, toonden de geiten aanvankelijk weinig interesse om op de platforms te liggen, vooral niet op de hoogste platforms. Daarentegen lagen ze frequent onder de hoogste platforms, met name 's middags, en incidenteel zelfs onder de laagste platforms. Na het afschermen van het schriklint met betonplex, inspecteerden vrijwel alle geiten deze aanpassing onmiddellijk en zonder enige terughoudendheid. De mogelijkheid dat de geiten de hoogste platforms meden vanwege eventueel contact met het aanwezige schriklint op de muur lijkt daarom voor de hand te liggen. Het nauwelijks gebruiken van de hoogste platforms wijst niet zozeer op angst voor het schriklint, maar eerder op een tekort aan motivatie bij afwezigheid van voldoende 'beloning'. Gedrag van dieren wordt sterk gestuurd door de verhouding tussen 'baten' en 'kosten'; een gevalideerde basis voor experimenteel onderzoek naar de hiërarchie van behoeften bij diverse diersoorten (zie bijvoorbeeld, Reijgwart et al., 2016) voor het ordenen van de behoefte van nertsen aan diverse verrijkingsmaterialen). Naarmate dieren meer moeite willen doen (= kosten in de vorm van metabole energie) om een bepaalde behoefte te bevredigen (=baten), wordt aan de betreffende behoefte voor deze dieren een groter belang toegekend.

In dit pilotonderzoek met de melkgeiten, verschilden de 'baten' (liggen, exploratie) bij gelijkblijvende 'kosten' (klimmen). De resultaten suggereren dat onder de heersende stalcondities de aandring van de melkgeiten om de aangebrachte modificatie op de hoogste platforms te exploreren, sterker was dan hun behoefte om erop te liggen. Een andere verklaring zou kunnen zijn dat de geiten meer tijd nodig hadden om zich het gebruik van de hoogste platforms eigen te maken, zoals eerder werd waargenomen door Mayer et al. (2006). In dit pilotonderzoek is deze alternatieve verklaring echter niet aannemelijk.

Nadat de geiten met hun inspectie hun kortstondige nieuwsgierigheid hadden bevredigd, bleven de hoogste betonplex platforms nauwelijks gebruikt. Mogelijk speelden ook micro-klimatologische factoren, zoals tocht of koude lucht door nabijgelegen ventilatieopeningen bij de hoogste platforms een rol in de keuze van de geiten. Het gedrag veranderde pas toen alle platforms met stro werden ingestrooid. Nadat het stro was verwijderd, daalde het gebruik van de hoogste platforms echter weer naar het eerdere niveau.

Na een gewenning van zes weken werd vastgesteld (16 juli) dat de geiten in het onderzoek gemiddeld 28% van het etmaal (ca. 6 $\frac{3}{4}$ uur) onder de platforms doorbrachten, terwijl ze slechts 7,9% van de tijd (minder dan 2 uur) op de platforms verbleven. Vermoedelijk gebruikten de geiten de ruimte onder de platforms voornamelijk om te rusten, vanwege de relatieve rust en beschutting die deze locatie bood. Hoewel hooggelegen rustplekken voor geiten relatief veel aandacht krijgen, wijst eerder onderzoek uit dat wilde geiten regelmatig grotten gebruiken als schuilplaatsen voor overnachting (Shi et al., 2003; Shi et al., 2005). Dat de melkgeiten aanvankelijk vooral 's middags tijdens rustperiodes onder de platforms schuilden, kan een vergelijkbare behoefte weerspiegelen. Mogelijk was voor de geiten, naast rust en veiligheid, ook de schemer die er onder de platforms heerste aantrekkelijk om er te rusten.

Na het instrooien van de platforms met stro gingen meer geiten op de platforms liggen, terwijl het gebruik van de ruimte onder de platforms afnam, met name 's nachts, tot 16,8% van het etmaal (*Figuur 11*). Deze verschuiving kan erop wijzen dat melkgeiten waarde hechten aan een rustige, comfortabele rustplaats die zowel bescherming biedt als voldoet aan hun voorkeuren voor schemerdonker en een zachte ondergrond. Overdag, wanneer de stal minder rust bood en de bodem van de platforms niet was ingestrooid, bood de ruimte onder de platforms mogelijk een aantrekkelijker rustplaats. De afnemende verblijftijd onder de platforms 's nachts gedurende de studie (*Figuur 11*) suggereert dat naast factoren, zoals comfort, verstoringen en lichtomstandigheden, mogelijk ook bevuiling een rol speelde in de keuze van de rustplaats. De ruimte onder de platforms werd, als gevolg van de slechte bereikbaarheid, in tegenstelling tot de overige ruimte, niet met vers stro ingestrooid om deze droog en schoon te houden. Als stro niet wordt ververs, neemt de vervuiling toe (Tölü & Savaş, 2019) waardoor deze locatie in de loop van het experiment voor de geiten mogelijk vuiler en vochtiger werd en minder aantrekkelijk om te liggen. Een alternatieve verklaring kan zijn dat de pilotgeiten, die niet gewend waren aan de drukte van de nabije, grote groep melkgeiten, aanvankelijk 's middags meer behoefte hadden om zich aan de drukte te onttrekken door onder de platforms een rustige ligplaats te zoeken. Na enige tijd zijn ze mogelijk aan de drukte gewend geraakt, waardoor ze minder gebruik gingen maken van de ruimte onder de platforms.

De geiten brachten, tenzij de platforms met stro waren ingestrooid, significant meer tijd door op de laagste platforms (50 cm) dan op de hoogste (100 cm), zowel liggend als staand. Deze voorkeur kan deels verklaard worden door de geringere inspanning die nodig is om de laagste platforms te bereiken en het voor de geiten ontbreken van extra aantrekkingskracht van grotere hoogte. Daarnaast werd de relatieve hoogte van de laagste platforms in de loop van de studie geleidelijk minder door ophoping van stro in de potstal, wat het bereiken van de laagste platforms verder vergemakkelijkte.

Gelet op het veelvuldig gebruik van de platforms in deze pilotstudie (op en onder) - afhankelijk van de ondergrond gebruikten de geiten de platforms gedurende 30 – 50% van de tijd - moeten platforms of vergelijkbare type constructies worden beschouwd als interessante objecten om de huidige potstallen te verrijken.

Alles overziend levert de combinatie van het pilotonderzoek en voorgaande analyse de volgende waardevolle lessen op:

Gebruik van verhoogde platforms door geiten is afhankelijk van motivatie en context

De initiële desinteresse van geiten om de hoogste platforms te gebruiken, suggereert een gebrek aan motivatie bij afwezigheid van voldoende 'baten' zoals comfort, rust of veiligheid. Mogelijk speelden ook factoren zoals tocht, koude lucht of nabijheid van ventilatieopeningen een rol in het geringe gebruik van de hoogste platforms. Na gewenning en aanpassing van de omstandigheden (zoals instrooien met stro) nam het gebruik van de platforms door de geiten, inclusief de hoogste platforms, significant toe. Dat deze geiten tot de dag dat ze de pilotruimte binnenkwamen op uitsluitend stro werden gehuisvest, kan hierbij een rol hebben gespeeld.

Verhoogde platforms worden gewaardeerd bij geschikte uitvoering

Laaggelegen platforms (50 cm) werden vaker gebruikt dan hogere platforms (100 cm), mogelijk vanwege de geringere inspanning die nodig is om ze te bereiken. De relatieve hoogte van de laagste platforms nam geleidelijk af door de groei van het stromestpakket in de potstal, wat het gebruik van de laagste platforms verder vergemakkelijkte. Het gebruik van platforms wijst erop dat geiten waarde hechten aan verhoogde locaties, mits deze voldoende comfort bieden en gemakkelijk toegankelijk zijn.

4.4.2 Voorkeur om te liggen op bepaalde ondergrond

Tegelijk met de afname van het verblijf van de geiten onder de platforms, steeg de tijd die de geiten gedurende 24 uur op de platforms lagen nadat deze waren ingestrooid met stro naar 27,5%. Ook tijdens de nachtelijke rustperiodes van twee uur werd op de ingestrooide platforms significant meer gelegen dan op betonplex (laagste platforms) en dan op betonplex én stoeptegels (hoogste platforms) (Figuur 5). Het is niet uitgesloten dat het stro de geiten dermate stimuleerde om op de laagste platforms te gaan liggen, dat deze 'vol' raakten met liggende geiten waardoor het gebruik 'doorstroomde' naar de hoogste platforms. Op alle platforms samen was in totaal gemiddeld per geit 0,8 m² beschikbaar en dat is niet erg ruim. Volgens Aschwanden et al. (2008) is dat ongeveer het oppervlak dat wordt ingenomen door het lichaam van een liggende geit. Gelet op het feit dat geiten niet graag in contact met andere geiten rusten (Loretz et al., 2004; Andersen & Bøe, 2007; Ehrlenbruch et al., 2010) is het aannemelijk dat er sprake was van 'doorstroming' van de lagere naar de hogere platforms. Dit zijn sterke aanwijzingen dat tenminste een deel van de melkgeiten in het experiment met name 's nachts een duidelijke behoefte had om op een verhoogd plateau te liggen, mits voorzien van een ligbed van stro en relatief gemakkelijk bereikbaar. Omdat de geiten niet individueel waren gemerkt, is niet bekend of dit steeds dezelfde dieren betrof.

De voorkeur van geiten voor stro als ondergrond om op te liggen werd ook bij Turkse Saanen geiten gevonden door Tölü & Savaş (2019) en door Mayer et al. (2006) bij bonte Duitse Edelgeiten, maar juist niet door Bøe et al. (2007) bij Noorse melkgeiten. Terwijl ook Sutherland et al. (2016) vonden dat bijna 9 maanden oude Saanen geiten bij voorkeur op een isolerende, zachte ondergrond lagen. Zij wijzen op de mogelijke invloed van gewinning van geiten aan de ondergrond in de stal waarin ze normaliter worden gehouden i.e. metalen roosters voor de geiten in het onderzoek van Bøe et al. (2007). Op boerderij Breevoort kenden de geiten in dit experiment geen andere dan een met stro ingestrooide stal. Het kan daarmee niet uitgesloten worden dat de geiten van jongs af aan gewend waren aan een ondergrond van stro en daarmee een voorkeur voor stro hadden ontwikkeld. De geiten vertoonden een sterkere voorkeur voor de met stro ingestrooide platforms. Een sterke aanwijzing dat, naast het liggen op een verhoogd platform, stro als ondergrond door deze geiten werd gewaardeerd.

Uit zowel het pilotonderzoek als de voorgaande analyse komen de volgende lessen naar voren:

Stro als ondergrond heeft een sterke aantrekkingskracht

De geiten vertoonden een duidelijke voorkeur voor platforms die waren ingestrooid met stro. Het stro bevorderde zowel het gebruik van de platforms als het liggedrag, ook op de aanvankelijk weinig gebruikte hoogste platforms. Het gebruik van de hoogste platforms nam toe na toevoeging van stro, wat de balans tussen 'kosten' en 'baten' mogelijk positief heeft beïnvloed. De voorkeur voor stro is consistent met eerdere, maar niet met alle studies. De voorkeur voor een harde ondergrond blijkt bij deze geiten niet zo groot te zijn, dat er massaal voor liggen op stoeptegels of betonplex werd gekozen wanneer dit naast stro werd aangeboden, al kan gewinning aan stro als standaardondergrond bij deze geiten een rol hebben gespeeld.

Beschutting en comfort zijn belangrijke factoren voor locatiekeuze

De ruimte onder de platforms werd door geiten zeer waarschijnlijk vooral gebruikt om te liggen vanwege de relatieve rust en beschutting die deze ruimte bood, in ieder geval tijdens de middaguren. Dit gedrag weerspiegelt mogelijk een natuurlijk schuilinstinct, zoals bij wilde geiten die grotten gebruiken.

4.4.3 Platforms als verrijking

Over de vijf etmalen gemiddeld, lagen de geiten 64,2% van het etmaal. Dit komt overeen met de ligtijd van 30 melkgeiten in een studie van Zobel et al. (2015), vastgesteld met versnellingsmeters, gemiddeld over 3 etmalen. In deze validatiestudie lagen de geiten 868 (+ 83) minuten per etmaal, dat wil zeggen 60,3%. Loretz et al. (2004) bestudeerden ligtijd van melkgeiten in relatie tot beschikbare oppervlakte per geit. Zij vonden dat geiten bij 2 m²/geit ca. 75% van de observatietijd lagen, terwijl dit afnam tot 61% bij 0,5 m²/geit. Andersen en Bøe (2007) varieerden de ruimte om te liggen tussen 0,5 m²/geit en 1,0 m²/geit bij een beschikbare leefruimte van 1,5 m²/geit en vonden dat de geiten respectievelijk 61,2% en 66,1% van de tijd besteedden aan liggen. Gelet op de 75% ligtijd die Loretz et al. (2004) vaststelden, suggereerden Andersen en Bøe (2007) dat de kortere ligtijd in hun eigen onderzoek erop kon wijzen dat de leefomgeving van de geiten verre van optimaal was om hen voldoende rust te bieden. Wij denken echter niet dat het mogelijk is om op basis van ligtijd alleen in te schatten of de ruimte voor geiten optimale afmetingen heeft. Een langere ligtijd kan immers ook betekenen dat er voor geiten verder weinig te beleven valt. Bij gebrek aan afleiding zullen de geiten meer liggen.

Belangrijk is dat in deze pilot de aanwezigheid van de platforms de ligtijd niet lijkt te beïnvloeden. Per geit was in de testruimte in totaal 3,6 m² vloeroppervlak beschikbaar; ruim voldoende voor de geiten om hun voorkeur voor de locatie om te rusten tot expressie te brengen. Ook bij afwezigheid van de platforms op 7 september, lagen de geiten 66,9% van het etmaal en is de circadiane ritmiek in het ligpatroon niet gewijzigd. Dit is conform de bevindingen van Andersen en Bøe (2007) die vonden dat de tijd dat geiten rustten en het rustpatroon niet veranderden als de geiten op twee niveaus konden liggen. In het experiment lijkt het daarmee vooral de locatie waar de geiten rustten, die door de platforms werd beïnvloed en niet de rusttijd zelf.

Actief gebruik

Boutreau et al. (2023) stellen in hun review over verrijking voor herkauwers, waaronder geiten, dat de eerste stap in het bepalen van de effectiviteit van omgevingsverrijkende elementen is na te gaan in hoeverre deze door de dieren wordt gebruikt. Na gewenning werden met name de laagste platforms door de geiten gebruikt om op te klimmen, overheen te lopen – met name overdag (*Figuur 8*) – en op te liggen. Gemiddeld over de vier etmalen gebruikten de geiten de laagste en hoogste platforms op deze manier gedurende respectievelijk 18,8% ($\pm 5,31\%$) en 5,4% ($\pm 2,65\%$) van het etmaal, in totaal dus voor bijna een kwart (24,1%) van de tijd. Dit is aanzienlijk meer dan door Zobel et al. (2017) bij melkgeiten werd vastgesteld, hoewel deze studie niet één-op-één met onze pilot te vergelijken is. Zij vonden dat de geiten gemiddeld $1,9 \pm 0,8$ uur/dag op platforms met rubbermatten doorbrachten, echter na een gewenningsperiode van slechts 9 dagen. Zij vonden bovendien een grote variatie tussen geiten van 0,1 tot 8,5 uur/dag. Een vergelijkbare variatie werd waargenomen onder het platform, waar individuele geiten gemiddeld tussen 0,1 tot 5,6 uur/dag doorbrachten (Zobel et al., 2017).

In de pilotstudie zijn weliswaar geen data van individuele geiten verzameld, maar bij de rustperiodes 's middags is een relatief grote variatie gevonden tussen waarnemingsdagen in de mate waarin de geiten zich onder de platforms en op laagste, gemakkelijkst bereikbare platforms bevonden, behalve wanneer deze ingestrooid waren. Dit duidt op wisselende invloeden vanuit de sociale of fysieke omgeving, in combinatie met een geringe motivatie om op de platforms te liggen. Waarschijnlijk speelt dit overdag een grotere rol dan 's nachts als het donker is, er rust heerst in de stal en de geiten sterker gemotiveerd zijn om te liggen.

Bij het uitlezen van de videobeelden ontstond de indruk dat de geiten de platforms overdag ook gebruikten als onderdeel van hun sociale interacties met soortgenoten, zoals territoriumafbakening, rangordeschermutselingen en speelse activiteiten. Dit is echter niet systematisch vastgelegd en Andersen en Bøe (2007) vonden juist minder agressie bij het aanbieden van verhoogde plateaus. Een verhoogd platform kan echter voor dominante geiten ook een aantrekkelijk territorium vormen om naar andere geiten te verdedigen. Het valt daarom niet uit te sluiten dat iets dergelijks ten grondslag lag aan de rangordeschermutselingen die op 9 juli één van de Alpine kruislingen fataal werd. Op bepaalde momenten overdag wekten de geiten de indruk de platforms voor hun 'speelruimte' te gebruiken waarin ze fysieke en mentale uitdagingen aangingen om in hun behoefte aan sociale interactie, exploratie en afleiding te voorzien.

De resultaten van dit pilotonderzoek, in combinatie met de voorgaande tekst, bieden de volgende leerpunten:

Platforms worden gebruikt voor meerdere functies

De platforms werden door de geiten gemiddeld per etmaal gedurende ca. 40% van de tijd gebruikt, voornamelijk voor klimmen, erop en eronder liggen en lopen. Tijdens de 2-uurs rustperiodes, varieerde de mate van gebruik sterk tussen waarnemingsdagen, wat suggereert dat sociale en fysieke omgevingsfactoren een rol spelen, naast een wisselende motivatie. Overdag werden de platforms niet alleen gebruikt om te rusten, maar ook als plekken voor sociale interacties, zoals rangordeschermselingsen en speelse activiteiten. Hoewel deze interacties niet systematisch zijn vastgelegd, kan worden aangenomen dat platforms een rol spelen in de dynamiek van groepsgedrag. Dit kan positieve effecten hebben, zoals stimulatie van exploratie, maar ook negatieve, zoals conflicten of agressie door dominante dieren.

Platforms beïnvloeden locatiekeuze maar niet de totale rusttijd

De aanwezigheid van platforms in de stal beïnvloedde de locatie waar geiten rustten, maar had geen effect op de totale rusttijd of het circadiane ligpatroon. Deze bevinding sluit aan bij eerdere resultaten van Andersen en Bøe (2007), die aantoonde dat verhoogde plateaus geen invloed hadden op de totale tijd die geiten aan rust besteedden.

4.4.4 Vervuiling van platforms door mest en urine

Met het oog op de reductie van ammoniakemissie vanuit geitenstallen zou het zinvol kunnen zijn om geiten te conditioneren om hun uitscheidingsgedrag te concentreren op specifieke locaties in de stal. Dit zou het schoonhouden van de stal en de implementatie van emissiereductiemaatregelen kunnen vergemakkelijken. Idealiter zouden geiten daarbij onderscheid maken tussen urine- en mestlozingen, zodat vermenging wordt voorkomen en het bevuilde vloeroppervlak beperkt blijft. Hoewel bij concentratie van uitscheidingsgedrag op bepaalde plekken in de stal emissies ook kunnen worden gereduceerd zonder mesten en urineren ruimtelijk te scheiden door op die plekken specifieke voorzieningen te treffen. Het concept van 'zindelijkheidstraining' zoals bij peuters wordt gehanteerd, lijkt bijvoorbeeld bij kalveren in theorie perspectief te bieden (Dirksen et al., 2020), hoewel dit ver van een praktische toepassing verwijderd is.

De literatuur suggereert dat geiten een voorkeur hebben voor urineren op absorberende ondergronden. Ullah et al. (2022) rapporteerden op basis van keuze-experimenten met driejarige Nubische geiten in Pakistan dat deze dieren de voorkeur gaven aan urineren op een ondergrond van 30 cm zand boven op kale grond, zaagsel of beton. De auteurs concludeerden dat geiten betonnen vloeren vermijden vanwege het opspatten van urine, wat door geiten als onaangenaam wordt ervaren. Opmerkelijk is echter dat de geiten even vaak urineerden op zaagsel als op beton, waardoor de conclusie van de auteurs, los van andere methodologische tekortkomingen in het onderzoek, twijfelachtig blijft.

In een studie van Sutherland et al. (2017) in Nieuw-Zeeland werden de voorkeuren van negen maanden oude Saanen-geiten onderzocht en bleek dat deze bij voorkeur urineerden op een ondergrond van houtkrullen, liever dan op metalen roosters, plastic roosters of rubbermatten. Tegelijkertijd gaven de geiten er de voorkeur aan om op plastic roosters of rubbermatten te liggen. De auteurs speculeerden dat de voorkeur voor houtkrullen als ondergrond om op te urineren voortkomt uit het vermijden van opspattende urine, of dat de geiten juist vermeden om te urineren op de ondergrond waarop zij het liefst lagen.

Een alternatieve verklaring zou echter kunnen zijn dat de melkgeiten, die in Nieuw-Zeeland standaard worden gehouden op houtkrullen, aan deze ondergrond gewend waren, waardoor dit hun keuze voor een ondergrond om op te urineren heeft beïnvloed. De vochtophoping in de houtkrullen als gevolg van regelmatig urineren kan bovendien verklaren waarom deze ondergrond door de geiten minder geschikt werd bevonden als ligplaats. De bevindingen in het onderzoek naar voorkeurslocaties van geiten om te urineren zijn dus nog niet erg overtuigend (zie Paragraaf 3.9.2). Geiten gebruiken van nature geen latrine zoals sommige andere diersoorten, bijvoorbeeld varkens of paarden. Ze hebben geen aangeboren motivatie om hun urine en mest op specifieke plekken te deponeren. Het uitscheidingsgedrag van geiten is min of meer willekeurig, waarbij ze hooguit plekken kiezen om *niet* te mesten en te urineren. Dit opent mogelijk perspectieven om uitscheidingsgedrag door middel van training en beïnvloeding van omgevingsfactoren te conditioneren.

In dit pilot-experiment is urineren en defeceren van de geiten niet als zodanig geregistreerd, maar op basis van de foto's van de platforms lijkt de vervuiling van de platforms met mest en urine samen te hangen met het totale gebruik. Aanvankelijk leken de betonplex platforms droog en redelijk schoon te blijven. Het instrooien met stro heeft het gebruik van de platforms gestimuleerd en nadat de platforms weer strovrij waren gemaakt viel op dat het meeste stro los op het platform lag (Foto 5A) en zich gemakkelijk liet verwijderen. Toch was er hier en daar, en met name op de laagste platforms, ook sprake van natte (Foto 5B) en/of aangekoekte (Foto 5C) plekken die zich lastig lieten reinigen. Een teken dat de geiten ook op de ingestrooide platforms urineren en mesten. Naarmate de studie vorderde bleek het nodig om de betonplex platforms met enige regelmaat schoon te vegen om verdergaande vervuiling met mest en urine te beperken. Een maatregel die ook bij de ondergrond van stoeptegels moest worden voortgezet.

Op basis van dit pilotonderzoek en de eerder beschreven bevindingen zijn de volgende inzichten verkregen:

Invloed van ondergrond op gedrag

In tegenstelling tot varkens en paarden zijn er bij geiten geen aanwijzingen dat ze steeds op dezelfde plek hun feces en urine deponeren. Dit gedrag wordt vaak latrinegedrag genoemd. Het uitscheidingsgedrag van geiten lijkt daardoor eerder willekeurig en afhankelijk van omgevingsfactoren, zoals wellicht de ondergrond, de ruimte die beschikbaar is en het gebruik ervan. De keuze van geiten voor een urinelocatie lijkt beïnvloed te worden door hun vertrouwdheid met een bepaalde ondergrond en praktische factoren zoals het vermijden van opspattende urine. De bevindingen met betrekking tot hun voorkeuren zijn echter niet eenduidig en blijven grotendeels speculatief.

Vervuiling van platforms door gebruik

De vervuiling van platforms met mest en urine lijkt samen te hangen met het gebruik ervan door de geiten. Hoewel het instrooien met stro het gebruik van de platforms bevorderde, resulteerde dit niet in een vermindering van de vervuiling. Integendeel, natte en aangekoekte plekken ontstonden, vooral op de meer gebruikte laagste platforms. Het onderhoud van de platforms en andere harde ondergronden, zoals stoeptegels, is essentieel om vervuiling door mest en urine te beheersen. Zonder regelmatige schoonmaak kan de hygiënische kwaliteit van deze oppervlakken verslechteren.

4.5 Conclusie

Op basis van de resultaten van deze pilot lijkt het gebruik van verhoogde platforms door geiten sterk te worden bepaald door de balans tussen kosten (fysieke inspanning) en baten (comfort, rust, veiligheid, uitdaging). Op de vraag of melkgeiten een intrinsieke behoefte hebben aan klimmen is het antwoord bevestigend, ook al verdient dit nuancering aangezien de geiten de hoogste platforms nauwelijks gebruikten. De geiten lijken met name 's nachts behoefte te hebben aan een veilige, gemakkelijk bereikbare plek waar ze ongestoord kunnen liggen, ongeacht of dit op of onder de platforms is, met schemerdonker en een ondergrond van stro als meest waarschijnlijke randvoorwaarden. Gewenning speelt bij het gebruik van platforms en bij de ondergrond ervan waarschijnlijk een belangrijke rol.

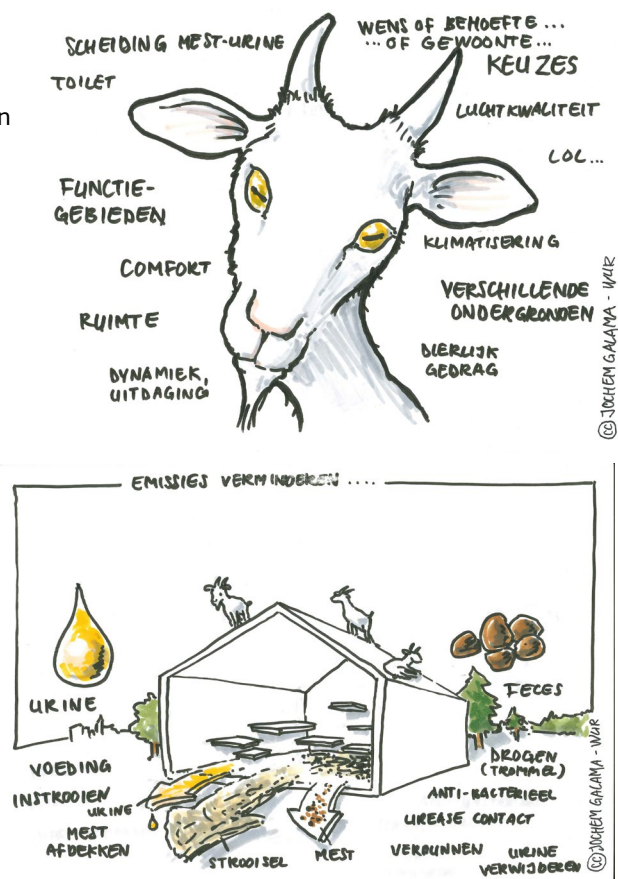
Platforms bieden een waardevolle verrijking voor melkgeiten omdat ze meer mogelijkheden creëren voor rust, sociale interactie en klimmen. Klimmen vraagt van geiten kracht, techniek, balans, coördinatie en mentale focus. Gemiddeld gebruikten de geiten de platforms gedurende een substantieel deel van het etmaal (ca. 40%). De bijdrage van platforms aan het welzijn van geiten is echter complex en waarschijnlijk afhankelijk van zowel de fysieke omgeving als de sociale dynamiek in de stal. Deze pilotstudie is uitgevoerd met slechts 15 droogstaande melkgeiten en was beperkt van opzet; voorzichtigheid is daarom geboden bij het vertalen van inzichten en conclusies naar grote groepen van honderden dieren. Bij de toepassing van platforms in grote groepen is het belangrijk ook bedacht te zijn op mogelijke negatieve effecten, zoals dominante dieren die een platform monopoliseren en fysieke confrontaties die hier het gevolg van zijn. Hoewel platforms een verrijking vormen voor geiten, blijkt uit de vervuiling met mest en urine dat geiten de platforms niet consequent verlaten om elders te gaan urineren of te gaan defeceren. Hierdoor blijft regelmatige reiniging noodzakelijk om hygiëne te waarborgen en verdere vervuiling te voorkomen.

5 Ontwerpen met melkgeiten en andere stakeholders – ontwerpconcepten

Daniel Puente-Rodríguez, Bart Bremmer & Hans Hopster

5.1 Inleiding

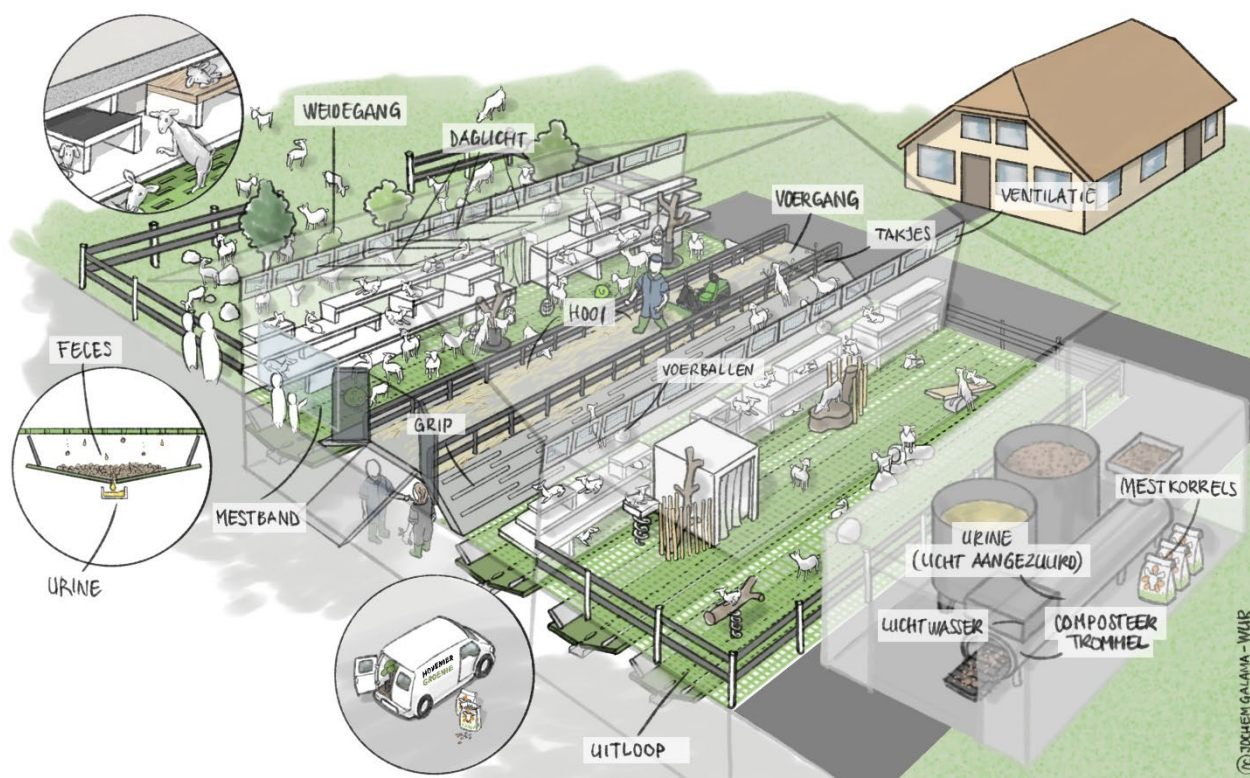
Op basis van de kennis en ervaringen die binnen (en buiten) dit project zijn opgedaan, is medio 2024 een ontwerpatelier uitgevoerd. De doelstelling van deze sessie was om te komen tot ideeën voor stalconcepten met lagere emissies van ammoniak en methaan uit mest (minimaal 50% reductie, streefwaarde $\approx 70\%$ reductie) en een substantieel hoger niveau van dierenwelzijn. Op deze manier zijn principes, maatregelen en oplossingsrichtingen geïdentificeerd en geïntegreerd in ontwerpconcepten. Deelnemers aan het ontwerpatelier waren experts in emissies en in dierenwelzijn, innovatieve melkgeitenhouders en adviseurs. Er was ook een tekenaar aanwezig die een aantal ideeën en concepten direct visualiseerde en, na een aantal interacties met het onderzoeksteam, de definitieve tekeningen van de concepten zoals gepresenteerd in dit hoofdstuk aanleverde. Het ontwerpatelier werd gefaciliteerd door Wageningen Livestock Research. Op basis van de resultaten van het ontwerpatelier werden een aantal principes, maatregelen en ideeën voor melkgeitenstallen geïdentificeerd (zie Bijlage 1) en gecombineerd in twee ontwerpconcepten. De notulen en concepten zijn op verschillende momenten met de deelnemers gedeeld ter validatie en voor reflectie en aanvullingen.



In dit hoofdstuk worden drie ontwerpconcepten uitgewerkt. Deze worden zoveel mogelijk gepresenteerd als totale huisvestingsystemen. Er worden echter verschillende principes, maatregelen en elementen besproken die ook toepasbaar zijn op andere huisvestingssystemen en gecombineerd kunnen worden met andere elementen om een huisvestingssysteem te creëren. Er worden ook voorstellen gedaan die berusten op beperkte wetenschappelijke onderbouwing en praktijkkennis. De concepten worden zoveel mogelijk onderbouwd met beschikbare informatie. Aanvullende ontwerprondes om de concepten verder uit te werken en draagvlak te creëren zijn noodzakelijk. Een proces van pilots en tests waarin verder wordt geëxperimenteerd met bijvoorbeeld plateaus (zie Hoofdstuk 4), mestbanden, roostervloeren, uitlopen en andere elementen (in eerste instantie op relatief kleine schaal) is wenselijk om te zorgen dat keuzes kunnen worden gemaakt. Dit proces kan worden versneld door beleidskeuzes te maken op de belangrijke dossiers die momenteel nog openstaan. Denk hierbij aan biodiversiteit/stikstof, klimaatverandering/broeikasgassen, dierwaardige veehouderij en de consequenties van het VGO-III onderzoek. Wanneer hierover duidelijke beleidskeuzes voor de lange termijn worden gemaakt, biedt dat veehouders meer zekerheid dat een investering vandaag een relatieve garantie biedt voor de toekomst – 10 à 20 jaar. De ontwerpconcepten moeten jonge melkgeitenhouders inspireren om stappen te zetten richting toekomstbestendige huisvestingsystemen. De ontwerpconcepten zijn:

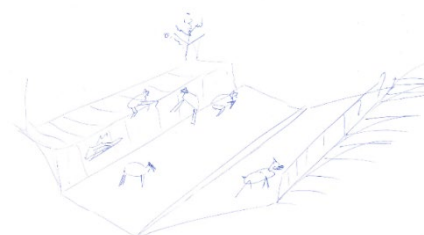
- De Beekdal-Stal.
- De Tribunestal.
- Melkgeitenstal Het Podium

5.2 De Beekdal-Stal



Figuur 12 De Beekdal-Stal.

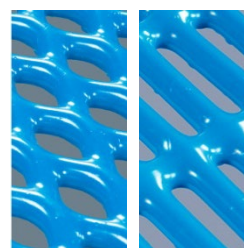
Dit ontwerpconcept is geïnspireerd op een natuurlijke omgeving van geiten. Hierbij denken wij aan een beekdal met een rotsachtige hellingen en wat bomen en struiken. Verder vertrekt dit ontwerp vanuit een zoektocht naar maximale emissiereductie. Hiervoor wordt er samengewerkt met het dier, dat wil zeggen met inzichten uit diergedrag en -voorkeuren.



Figuur 13 Kiem-idee voor het Beekdal-Stal concept uit het ontwerpatelier (juni 2024).

De vloer

Om maximale emissiereductie te bereiken, wordt afscheid genomen van de potstal in zijn huidige vorm. Er wordt geen strooiselmateriaal gebruikt voor mestmanagement. De geiten lopen op een roostervloer die voor 50% doorlatend is. Deze bestaat uit gecoat metaal (geïnspireerd op Nooyen Pig Flooring systemen⁴⁴, zie foto hiernaast). Door zijn constructie en materiaalkeuze zorgt deze vloer voor een snelle en volledige afvoer van urine en feces naar de onderliggende ruimte. Daarnaast is de oppervlakstructuur van de coatings en polymeren dicht (niet-poreus), waardoor de urease-activiteit laag zal zijn (Braam & Swierstra, 1999).



⁴⁴ Home | Nooyen Pig Flooring (geraadpleegd November 2024).

Ammoniak (NH_3) ontstaat wanneer het enzym urease de omzetting van ureum in de urine katalyseert (Monteny & Erisman, 1998; Snoek, 2016). Het urease-enzym wordt geproduceerd door micro-organismen die actief zijn in de feces of in de biofilm op vloeren en oppervlakken. In de stal verloopt deze chemische reactie snel, het ureum in een urineplas in een stal kan onder normale omstandigheden binnen twee uur worden omgezet in ammoniak. In dit concept worden feces en urine snel afgevoerd, waardoor dit proces niet op gang kan komen. Deze vloer is ontwikkeld voor de varkenshouderij. Om de vloer ook voor de melkgeitenhouderij te optimaliseren, is verder testen en ontwikkelen noodzakelijk. De roosters zijn waterafstotend en voorzien van openingen waardoor de urine en feces snel naar de ruimte eronder afgevoerd kunnen worden⁴⁵. Ze zijn voorzien van een driehoekvormig profiel en een bolle bovenzijde waardoor ze gemakkelijk droog zullen blijven.

De randen van de geitenhoeven zijn hard en geschikt om op harde ondergronden te lopen en staan. De openingen in deze vloer zijn relatief klein en daardoor veilig genoeg voor de dieren. Er zijn al ervaringen met roostervloeren in de melkgeitenhouderij⁴⁶.

Mestband onder de vloer

Onder deze roostervloer worden feces en urine gescheiden door middel van een mestband. De mestband draait regelmatig (bijvoorbeeld elk uur) waardoor feces en urine zo snel mogelijk worden gescheiden en afgevoerd. Er vindt hier relatief weinig menging plaats tussen feces en urine. De mestband is idealiter gemaakt van thermoplastisch rubber, of andere kunststoffen zoals polyethyleen of rubberachtige materialen. Dit vanwege de lage urease-activiteit van deze materialen (Kasper et al., 2010; Puente-Rodríguez & Bos, 2019). Mosquera et al. (2019) melden dat in een vleeskalverbedrijf de urease-activiteit op de daar gebruikte mestband laag is. Dit komt niet alleen door het gebruikte materiaal, maar ook vanwege de reinheid ervan en een verkorting van contacttijd tussen urine en feces. Hierdoor werd gemiddeld slechts 25% van het ureum op de mestband omgezet in ammonium voordat de urine bij de opslag komt (ibid.). Hierdoor zal slechts een klein deel van de aanwezige stikstof vanaf de mestband en kelder worden uitgestoten in de vorm van ammoniak.

Ook de methaanemissie uit de mest in de stal wordt fors gereduceerd door het regelmatig verwijderen van de bron (=mest). In de literatuur wordt gerapporteerd dat het frequent verwijderen van drijfmest of mestfracties uit de mestkelders om deze vervolgens op te slaan in een gasdichte opslag met een aanvullende techniek (vergisting, oxidatie, koeling, etc.), de methaanemissie uit de mest tot wel > 80% kan reduceren (Groenestein et al., 2010; Massé et al., 2016; Willeghems et al., 2016; Puente-Rodríguez et al., 2022; 2023; 2024).

De mestband in dit concept heeft een V-vorm in dwarsrichting en is gemonteerd onder een gering afschot in lengterichting. De dunne fractie stroomt daardoor eerst naar het midden van de V en vervolgens naar het laagste punt. Deze fractie wordt continu afgevoerd naar een afgesloten (gasdichte) opslag. De dikke fractie blijft op de band liggen en wordt bij het afdraaien van de band getransporteerd en aan het einde ervan afgestort. Deze fractie wordt ook emissiearm opgeslagen.



Idealiter wordt de mestband eens per 1 of 2 uur afgedraaid, zodat er zo min mogelijk ammoniakemissie op de band ontstaat. Door optimalisatie en emissiemetingen van het systeem zal gaandeweg duidelijk worden hoe vaak dit draaiproces moet plaatsvinden om de ammoniakemissie zoveel mogelijk te reduceren.

Een dergelijke mestband is reeds ontwikkeld voor de pluimvee- en varkenshouderij en is al in andere sectoren getest.

⁴⁵ Dit is uiteraard een randvoorwaarde. Urine en feces moeten volledig en snel wegstromen. Deze vloeren zijn nog niet gebruik in de melkgeitenhouderij. Uit pilots in praktijkomstandigheden moet blijken of deze vloer ervoor kan zorgen dat er geen mest achterblijft, zonder dat er hulpmiddelen worden gebruikt. Zo niet, dan kan een mestschuif of een robot voorzien van een sproeisysteem zorgen dat feces en urine alsnog afgevoerd worden.

⁴⁶ Zie bijvoorbeeld het huisvestingssysteem van de familie Groot Roessink Met roosters en mestschuif klaar voor de toekomst – Geitenhouderij (geraadpleegd oktober 2024).

Omdat er weinig ervaring is met mestbanden in de melkgeitenhouderij, is het verstandig om de verwachte goede werking van dit systeem met geitenmest te testen door middel van experimenten en pilots. Daarbij is het belangrijk dat systemen onder de roostervloer betrouwbaar en robuust zijn. Veehouders willen zo min mogelijk geconfronteerd willen worden met techniek onder de roosters die niet werkt of die storingsgevoelig is, omdat dat de dagelijkse bedrijfsvoering kan verstoren. Er is veel ervaring met mestbanden in de pluimveehouderij. Mestbanden worden daar gezien als robuuste systemen. Geluidsoverlast en lawaai in de stal door de draaiende band zijn niet te verwachten en de mestbandmotoren kunnen ook buiten de stal worden geplaatst. Het is belangrijk dat de stal zo gebouwd wordt dat luchtstromen geen ongecontroleerde tocht van onder de roosters in de stal kunnen veroorzaken.

Vanuit het perspectief van de dieren en de mensen die in de stal werken is het aannemelijk te denken dat de kwaliteit van de stallucht zal verbeteren ten opzichte van huidige praktijken als niet langer sprake is van stromest in de stal. Hiermee verdwijnt immers een bron van stof en ammoniak, wat de conditie van de luchtwegen ten goede kan komen. Een goede ventilatie met (relatief) schone en zuurstofrijke buitenlucht moet ervoor zorgen dat de concentraties van schadelijk stoffen in de stallucht beperkt blijven. Zie de basiseisen over ventilatie in Van Staaveren (2012) en in Hoofdstuk 3.

Opslag van mestfracties

Vaste mest uit potstallen wordt nu meestal buiten de stal op een betonplaat gestapeld tot het groeiseizoen, wanneer het uitgereden of afgezet wordt. Tijdens het opslag treden verliezen op in de vorm van emissies. Dit ontwerpconcept werkt met verschillende mestfracties, wat emissies beperkt en het gebruik van mineralen optimaliseert. Uiteraard vereist het mestmanagementsysteem twee mestopslagen⁴⁷.

Dunne fractie

De dunne fractie wordt gasdicht buiten de stal opgeslagen. Dunne fracties zijn doorgaans rijk aan stikstof en kunnen uitstekend worden gebruikt voor bemestingsdoeleinden. De opslag moet per bedrijf worden gedimensioneerd om voldoende capaciteit te hebben⁴⁸. Om emissies te beperken kan deze dunne fractie aangezuurd worden.

In de vloeibare fase is ammoniak in deze fractie in evenwicht met ammonium (NH_4). Door de pH van deze fractie te verlagen, wordt het evenwicht tussen ammonium en ammoniak verschoven richting ammonium, wat voorkomt dat ammoniak als gas vervluchtigt (Puente-Rodríguez et al., 2022) en referenties daarin). De zuurgraad van mest bepaalt ook de methaanvorming door methanogene micro-organismen (Ottosen et al., 2009; Petersen et al., 2012; Habtewold et al., 2018; Chen et al., 2019; Ma et al., 2022). Door de zuurgraad van deze fractie te verlagen tot een pH-waarde van ongeveer 5,5 kunnen ammoniak- en methaanemissies sterk worden beperkt. Verschillende anorganische (zwavelzuur, salpeterszuur, zoutzuur, etc.) en organische (melkzuur, citroenzuur, azijnzuur, etc.) zuren kunnen voor dit doel worden gebruikt. Voor de voor- en nadelen en aandachtspunten bij het gebruik van zuren zie Puente-Rodríguez et al. (2022). Vanwege de lagere buffercapaciteit van de dunne fractie, is de verwachting dat er kleinere hoeveelheden zuur toegevoegd hoeven te worden vergeleken met het aanzuren van drijfmest. Het voordeel van deze verzuringsstap is dat stikstofverliezen in de vorm van ammoniakemissies worden voorkomen, ook tijdens de aanwending van deze fractie.

Dikke fractie

Het voorstel in dit concept is om de dikke fractie gecontroleerd te composteren. Hiervoor zijn al composteertrommels op de markt verkrijgbaar⁴⁹. Bij gecontroleerde compostering wordt de gescheiden dikke fractie onder gecontroleerde omstandigheden, belucht, gehygiëniseerd en gecomposteerd. In een vervolproces kan het droge product eventueel worden verwerkt tot mestkorrels. Drogen en composteren zijn aerobe processen in dit systeem. Door de dikke fractie te beluchten, kunnen methanogene micro-organismen het organisch materiaal niet afbreken. Micro-organismen die methaan vormen, opereren in enkel anaerobe omstandigheden, waardoor het onwaarschijnlijk is dat methaanemissies in de trommel optreden (Amon et al., 2001; Hao et al., 2001; Amon et al., 2006; Hoeksma et al., 2012).

⁴⁷ Hiervoor moet wel ruimte op het erf zijn en uiteraard is voor mestopslagen buiten de stal altijd een vergunning nodig.

⁴⁸ Melkgeiten produceren ongeveer 1 kuub drijfmest per dier per jaar, lammeren van 0 tot 1 jaar 0,5 m³/dier/jaar (Handboek Geitenhouderij [Huisvesting geiten \(wur.nl\)](#)) waarvan ongeveer 5% dikke fractie is.

⁴⁹ Zie bijvoorbeeld [BeddingMaster](#).

Tijdens dit proces kunnen echter wel ammoniak (NH_3) en lachgas (N_2O) gevormd worden (Hoeksma et al., 2012 en referenties daarin). Om de ammoniakemissie te beperken kan een relatief kleine luchtwasser achter de luchtuitlaat van de composteringstrommel geplaatst worden. Voor lachgas is echter geen afvangtechniek beschikbaar. Er wordt verwacht dat er niet zo snel/in beperkte mate lachgas in de trommel zal ontstaan.

Het bedrijf Mavasol (distributeur van DariTech apparatuur buiten Noord-Amerika) levert relatief kleine composteringstrommels met een diameter van 1,81 m en een lengte van 6,10 m met een capaciteit van 16 m³. Deze trommels kunnen per dag ongeveer 16 m³ dikke fractie (ca. 38% droge stof - DS) uit rundmest per dag verwerken met een verblijftijd van ongeveer 12 uur. Kleinere trommels kunnen uiteraard gebruikt worden voor de melkgeitenhouderij. De dikke fractie warmt snel op (binnen enkele uren) aan de inlaatzijde van de horizontale roterende trommel en koelt vervolgens geleidelijk af naar de uitlaatzijde. Om de dikke fractie in de trommel te beluchten, wordt buitenlucht ingevoerd op het punt waar de verwerkte dikke fractie de trommel verlaat (dus in tegenstroom). In de melkveehouderij kan de temperatuur van de vers gescheiden dikke fractie aan de inlaatzijde tot circa 58°C en aan de uitlaatzijde 45°C bedragen (persoonlijke communicatie, juni 2020, in Puente-Rodríguez et al., 2023). Onder deze omstandigheden wordt het uitgangsmateriaal gehygiëniseerd met een verblijftijd van 12 tot 13 uur en kan het dus bijvoorbeeld worden geëxporteerd⁵⁰. Het is ook een populair product bij hoveniers en particulieren als bodemverbeteraar. Dit systeem kan daarom interessant zijn voor veehouderijbedrijven met een mestoverschot. Een langere verblijftijd zou een hoger percentage droge stof opleveren, en waarschijnlijk ook een biologisch stabiel eindproduct (compost).

Rust Plateaus

Het dierenverblijf heeft aan de zijkanten bij de muur plateaus, welke uitgevoerd zijn als ligbedden die trapsgewijs steeds hoger en ondieper/smaller worden. De laagste is bijvoorbeeld 1 meter breed, de tweede 75 cm en de derde 50 cm. Het hoogteverschil tussen de plateaus is ongeveer 40-50 cm. Door deze breedte- en hoogteverschillen fungeren de plateaus tevens als trap en kunnen de melkgeiten vanaf het laagste plateau de hoger gelegen plateaus bereiken. Op de plateaus kunnen de geiten rusten met rugdekking en een vrij uitzicht, wat een behoefte van geiten lijkt te zijn (Andersen & Bøe, 2007; Battini et al., 2014; Ehrlenbruch et al., 2010a, zie ook Hoofdstuk 4). Het aantal plateaus en verdiepingen is afhankelijk van het aantal dieren. Het doel is om per dier minimaal één ligplaats te hebben om het rustgedrag te kunnen synchroniseren.



Tijdens de rustperiode worden deze plateaus zeer waarschijnlijk gebruikt om te rusten. Uit onderzoek en praktijkervaring blijkt dat geiten deze constructies niet alleen gebruiken om bovenop te liggen met vrij uitzicht en rugdekking, maar ook om eronder te schuilen (Battini et al., 2014; Hoofdstuk3 en Hoofdstuk 4). De plateaus hebben meerdere functies en kunnen helpen bij het inrichten van de stalruimte in functiegebieden. Voor deze rustplaatsen worden verschillende materialen gebruikt, waaronder materialen met goede thermoregulatie voor koude en warme omstandigheden. Om de schuilfunctie beter te kunnen vervullen, worden hier en daar verticale wanden geplaatst tussen het eerste en het tweede platform, parallel aan de buitenmuur, om een grotachtige (donkere) constructie te creëren. Deze wand kan 1 à 2 meter lang zijn om te zorgen dat ook mensen toegang hebben tot deze ruimte⁵¹, bijvoorbeeld wanneer zich daar een ziek dier bevindt.

Er worden op de plateaus geen emissiereductiemaatregelen toegepast. In de praktijk is de ervaring dat geiten de oppervlakken tegen de buitenwanden van de stal (waar ze vaak rusten) schoonhouden. Er zijn ook aanwijzingen in de literatuur dat geiten, als ze de keuze hebben, vuile plekken vermijden om te rusten (zie bijvoorbeeld Tölü & Savaş, 2019; Paragraaf 3.9). Bovendien is het hoogteverschil tussen de verschillende platforms te klein voor een volwassen geit om in de hurkhouding met haar kop omhoog te staan, waardoor het urineren wordt bemoeilijk. Dit zal de dieren stimuleren om niet op de plateaus, maar op de roostervloer te urineren. Verwacht wordt dat de meeste feces en urine door de roostervloer heen vallen en dat de dieren op deze hogere plekken rust kunnen vinden.

⁵⁰ Mestverwerking en hygiënisatie | Mest | NVWA (geraadpleegd augustus 2024).

⁵¹ Een andere optie is om Inklapbaar wanden te plaatsen, of wanden die geopend kunnen worden.

Het laagste plateau wordt op verschillende hoogtes ten opzichte van de roostervloer gemonteerd, zodat ook een deel van de dieren die mogelijk moeilijk op het plateau kunnen komen (hoogproductieve dieren, zieke of oudere dieren, etc.), er toch op kunnen ('inclusieve plateaus').

Voer(verrijking)

Aan de ene kant van de stal staan de plateaus tegen de muur, aan de andere kant staat het voerhek. Uiteraard worden de dieren vrijgehouden van honger en dorst en krijgen ze voldoende water en voedsel van voldoende kwaliteit aangeboden. Daarnaast moet het voer en water zo worden verstrekt dat er voldoende ruimte is om het op te nemen en er geen onrust ontstaat tussen dieren. Het kunnen eten van ruwvoer is essentieel voor herkauwers en draagt bij aan de verbetering van soortspecifiek foerageer- en herkauwgedrag en het verbetert de mogelijkheid tot exploratiegedrag (zie Paragraaf 3.8 en referenties daarin). Geiten zijn zogenaamde 'mixed-feeders' die relatief veel tijd besteden aan het exploreren en selecteren van voedselitems. Net als bij andere herkauwers bevordert de opname van ruwvoer, los van fysiologische noodzaak, het dierenwelzijn door de tijd besteed aan kauwen en herkauwen als soortspecifieke tijdsbesteding (Webb et al., 2013; Schütz et al., 2018; Paragraaf 3.8). Zowel het zoeken naar, het verwerven van en de opname van voer zijn belonend voor het dier en verhogen het welzijn (Lindström, 2000; Rosenberger et al., 2020). Runderen vertonen bijvoorbeeld een voorkeur voor weidegang als ze de keuze hebben (Rutter, 2011). De motivatie om te 'zoeken' speelt daarbij hoogstwaarschijnlijk een rol. De motivatie om te werken voor hun voedsel, zelfs als voedsel vrij beschikbaar is wordt 'contrafreeloading' genoemd en wordt ook waargenomen bij geiten (Rosenberger et al., 2020). Het zoeken naar en consumeren van voedsel heeft een belonend effect in de hersenen van zoogdieren (positieve mentale staat - dierwaardige veehouderij). Om verveling tegen te gaan en om te voldoen aan de behoeften van de geit om haar omgeving te onderzoeken en foerageergedrag te vertonen, wordt daarom voerverrijking gebruikt. Voedsel wordt aangeboden op een meer uitdagende manier die het dier stimuleert om te werken/onderzoeken voor het voedsel.



Er zijn hooiruiven die nu al worden gebruikt in de melkgeitenhouderij en die deze functie kunnen vervullen. Er zijn ook de zogenaamde 'hooiballen' verkrijgbaar waarbij geiten moeite moeten doen om aan voedsel te komen ('slowfeeders'). Deze hooiballen kunnen aan een touw of ketting hangen of over de vloer rollen. Deze voersystemen verhogen de werklust op het bedrijf, omdat het vullen van de ballen nog niet geautomatiseerd is – en dus handmatig moet

gebeuren. Ook is het algemeen bekend dat geiten graag op takken knabbelen en er de schors vanaf schillen (Bøe et al., 2012; Mattiello et al., 2019). Daarom zouden er ook afspraken gemaakt kunnen worden met natuurbeheerders, gemeentes, boomkwekers, fruittellers, etc. om takkenmateriaal te verkrijgen als verrijkingsvoer.

Transparantie

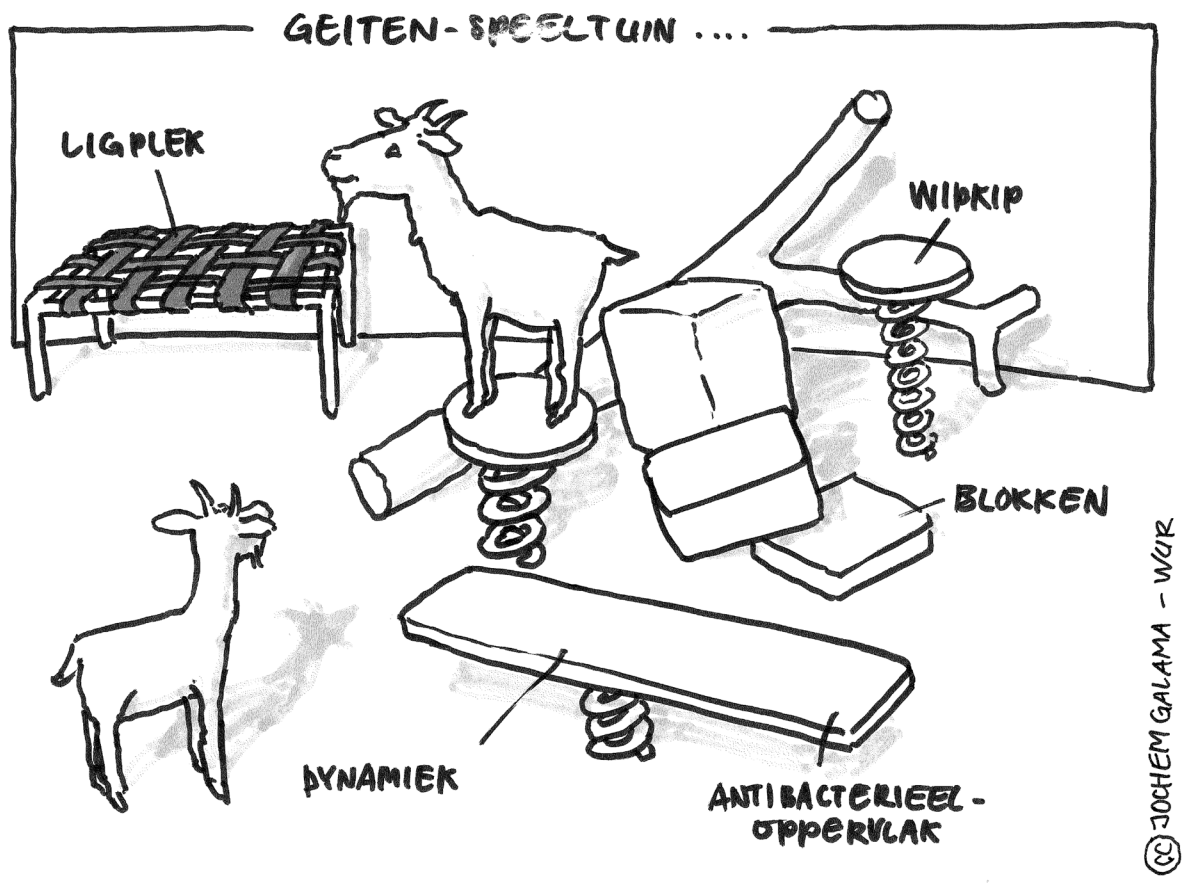
De dieren in dit concept zijn op een of andere manier zichtbaar voor de maatschappij⁵². De maatschappij wordt steeds kritischer op de manier waarop dieren worden gehouden, hoewel ze vaak niet weten hoe dat gebeurt (Paragraaf 2.10). Het imago van de melkveehouderij is beter dan dat van andere sectoren (Raaijmakers et al., 2023). Het agrarisch-culturele karakteristieke beeld van melkkoeien in de wei zou hierbij kunnen helpen (Bos & van Eijk, 2009). Wanneer melkgeiten buiten lopen kan dat een positief effect hebben op de maatschappelijke acceptatie van melkgeitenhouderij.

In dit ontwerpconcept kunnen melkgeiten naar buiten. Dit kan een weide zijn, maar ook een uitloop. Weidegang voor melkgeiten is gunstig voor emissiereductie, uiteraard afhankelijk van de ruimte die de dieren krijgen en de hoeveelheid tijd dat ze buiten lopen. Wel is er extra aandacht nodig voor het voorkomen van parasitaire infecties (zie Paragraaf 3.6.3 en Paragraaf 3.12.5.1).

⁵² Voor een analyse van transparantie in de veehouderij zie Bremmer 2019 hoofdstuk 6 in Puente-Rodriguez & Bos (2019).

Als het alleen mogelijk is om de dieren een (overdekte) uitloop met een beperkte oppervlakte aan te bieden, dan moet rekening worden gehouden met het toepassen van emissiereductiemaatregelen, ook in de uitloop. Mestbanden onder een doorlatende vloer zijn hier een interessante optie⁵³.

Als melkgeiten toegang krijgen tot een uitloop of een weide, zullen ze deze gaan gebruiken (Bøe et al., 2012; Stachowicz et al., 2018; zie ook argumenten in Van Staaveren 2012; en Hoofdstuk 3). Dit kan helpen meer onderscheidende marktconcepten te genereren (mogelijk met behulp van het sterrensysteem van de Dierenbescherming) en zo bijdragen aan een meer gedifferentieerd aanbod binnen de sector. Een uitloop is voor geiten relatief eenvoudig aantrekkelijk te maken door bijvoorbeeld hoogteverschillen en schuilmogelijkheden aan te brengen. Daarmee wordt de uitloop tegelijkertijd interessant voor burgers om naar te kijken. Transparantie kan ook worden bereikt door camerabeelden van de stal/dieren beschikbaar te stellen via internetpagina's.



Luchtuitwisseling tussen buiten en binnen moet worden beperkt om de kans op ammoniakemissie te verkleinen. Door dakisolatie en een goed ventilatiebeheer (dit kan natuurlijke ventilatie zijn) kan de luchtuitwisseling tussen de stal en de omgeving worden beperkt. Dit is ook belangrijk voor de temperatuurregulering in de stal, bijvoorbeeld om warmteverlies in de winter te voorkomen of om de warmte in de zomer buiten te houden. Deze argumenten stellen eisen aan de deuren tussen de stal en de uitloop/weide. Denk bijvoorbeeld aan de zogenoemde luchtdeuren/-gordijnen die in vrieshuizen worden gebruikt, waarbij één luchtstraal (of meerdere luchtstralen) van boven naar beneden voor een efficiënte scheiding zorgt. Ook low-tech oplossingen zoals twee flexibele kunststof gordijnen met een tussenruimte (2 meter) kunnen de luchtuitwisseling al beperken.

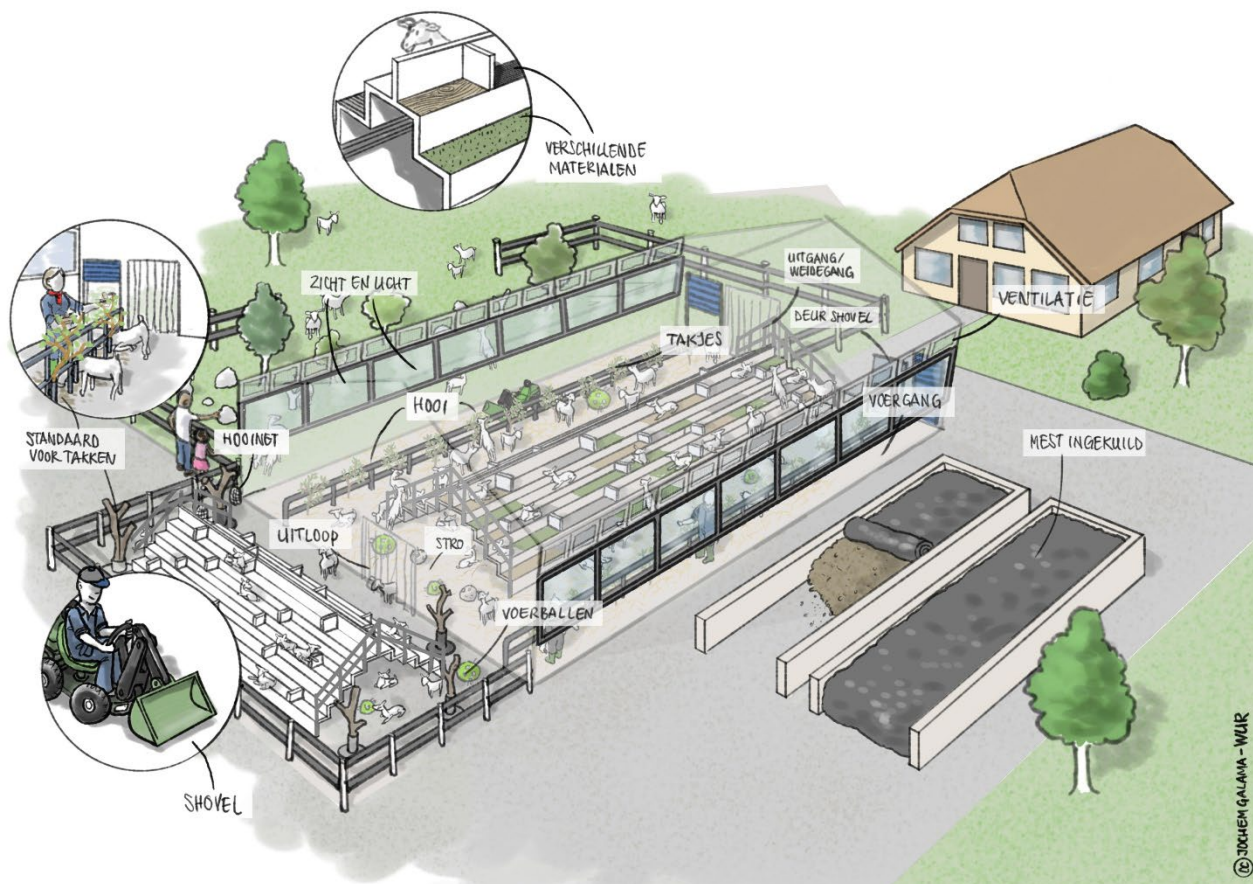
De stal (dak en/of muren) laat voldoende licht door om een natuurlijke circadiaan (dag-nacht) ritme te garanderen.

⁵³ Zie ervaring uit de varkenshouderij met vergelijkbare systemen Revolutionaire varkensboerderij - Zonvarken
<https://youtu.be/nU-RbQ34bz8>.

Kleuren

Zodra de vloer en andere kernaspecten van het ontwerpconcept zijn gedefinieerd, ontstaan er relevante vragen die, indien goed beantwoord en vertaald in specifieke functies of elementen, het ontwerpconcept versterken. Binnen dit project, tijdens het bespreken van het uiterlijk van de vloer en het algehele concept, kwam de vraag naar voren: Wat wil de burger zien? Door kleuren (licht en andere elementen) te gebruiken kunnen burgers een andere perceptie (Savavibool & Moorapun, 2017) van de stal krijgen. Daarmee wordt de stal gezien als meer dan een verzameling van alleen maar 'emissiereducerende technieken' of andere elementen. Zo kan het gebruik van groene kleuren in de roostervloer associaties met weilanden oproepen en kan het gebruik van bruine of grijze tinten voor de plateaus helpen bij associaties met rotsen, harde oppervlakken etc. Tegelijkertijd, in de toekomst, zou er ook aandacht besteed kunnen worden aan een moeilijker vraagstuk: welke kleur prefereert de geit?⁵⁴

5.3 De Tribunest al



Figuur 14 De Tribunest al.

⁵⁴ Het is bekend dat geiten de vereiste fotopigmentbasis hebben om dichromatisch kleurenzicht te ondersteunen (Jacobs et al., 1998). Informatie over het kleurenzicht van geiten is gebaseerd op algemene kennis over de visuele systemen van zoogdieren en herkauwers. Hoewel specifieke studies over het kleurenzicht bij geiten beperkt zijn, is bekend dat veel zoogdieren, waaronder herkauwers, dichromatisch zicht hebben. Dit betekent dat ze twee soorten kegeltjes in hun netvlies hebben, waardoor ze bepaalde kleuren kunnen onderscheiden, met name in het blauwe en (geel)groene spectrum, maar moeite hebben met het waarnemen van roodtinten. Of geiten daarmee bepaalde kleurvoorkeuren hebben is moeilijk te zeggen. Interessant is ook dat geiten (Baltussen, 2009; Gonzalez-Soriano et al., 1997), vergelijkbaar met olifanten, niet zoals de meeste herkauwers een area centralis rotunda hebben met een uitsluitend een horizontale, maar ook met een verticale visuele strook. Het nut van deze verticale strook is niet precies bekend maar zou een rol kunnen spelen bij de oriëntatie in het verticale vlak. Bij de olifant verband houdend met de positionering van de slurf; bij de geit met beweging in het verticale vlak (klimmen, browsen).

Dit ontwerpconcept is opgezet met het diergedrag en de behoeften van melkgeiten als belangrijkste uitgangspunt. Ook het excretiegedrag wordt meegenomen en er wordt nagedacht over aanvullende emissiereductiemaatregelen. Verder is dit concept geïnspireerd op de ervaringen met het Blijje Geit-concept van het melkgeitenbedrijf van de familie Papen-Olbach in Vragender.

De tribune

In dit concept is de stal op basis van verschillende functiegebieden ingericht. In het midden van de stal bevinden zich hoogte-elementen in de vorm van twee tribunes met hun ruggen naar elkaar toe. Deze tribunes hebben minimaal drie niveaus/hoogtes. De niveaus zijn elk minimaal 1 meter diep om ervoor te zorgen dat de geiten comfortabel kunnen rusten met rugdekking en een vrij uitzicht. De hoogteverschillen tussen de verschillende treden zijn minimaal 25 centimeter, zodat er een verticale wand ontstaat die hoog genoeg is voor melkgeiten om prettig tegenaan te liggen; de hoogteverschillen zijn maximaal 40-50 centimeter, zodat de plateaus gemakkelijk toegankelijk zijn voor geiten. Op het hoogste niveau bevindt zich een wand die beide tribunes van elkaar scheidt. De kopse kanten van de plateaus zijn afgesloten met bijvoorbeeld hekken om te voorkomen dat dieren eraf vallen. De ruimte onder de tribune is ook toegankelijk voor de dieren en biedt een rustige en veilige plek om te schuilen, liggen of staan. Door gebruik te maken van verschillende hoogtes, holttes en ruimtes ontstaat er een speels karakter, wat niet alleen aantrekkelijk is voor de geiten, maar ook voor de burger om naar te kijken.

Het plateau is gemaakt van beton, maar kan ook worden uitgevoerd in biobased bouwmaterialen. De treden zijn voorzien van een coating of kunststofachtig materiaal om de porositeit en urease-activiteit te beperken en om de reinigbaarheid ten opzichte van beton te verbeteren. De oppervlakken waarop de dieren rusten of lopen hebben een helling van 6% om ervoor te zorgen dat bij eventuele uitscheiding, feces en urine eraf glijden⁵⁵. Hier en daar zijn verticale schotten geplaatst om ligboxen te creëren waar 1 of meerdere geiten zich kunnen afzonderen.

Aan de zijanten van de stal, aan de buitenmuren, worden extra verhogingen geplaatst om meer rustplekken te creëren. Hier worden geen emissiereductiemaatregelen toegepast om rust te garanderen en omdat, zoals eerder gemeld, de praktijkervaring leert dat deze plekken schoon blijven. Deze plateaus hangen aan de muur, ze hebben dus geen poten, zodat er geen belemmering wordt gecreëerd voor het mestmanagement (zie hieronder).

Mestmanagement.

De tribune in het midden beslaat, samen met de platforms die aan de muren zijn bevestigd, 2/3 van het totale oppervlak van het diervverblijf⁵⁶. In dit concept wordt stro of een ander substraat gebruikt. In afwachting van systematisch onderzoek is nu nog het idee dat geiten er de voorkeur aan geven om te urineren op een absorberend/niet spetterend oppervlak (Sutherland et al., 2017) en te rusten op een schoon/droog oppervlak (Zobel et al., 2019; Paragraaf 3.9). Er is weinig onderzoek gedaan naar het uitscheidingsgedrag van geiten in praktijkomstandigheden. De hoop is dat door de rustgebieden zo aantrekkelijk mogelijk te maken voor de dieren en ze duidelijk te onderscheiden van de begane grond, de excretie vooral op de begane grond zal plaatsvinden.

De begane grond van dit stalconcept wordt bedekt met een laagje absorberend materiaal, à la potstal. Hiervoor wordt stro of een ander absorberend (en stofarmer dan stro) substraat gebruikt waardoor, als de melkgeiten urineren, de urine niet opspettert. Nader onderzoek moet duidelijk maken wat de optimale hoeveelheid en frequentie van instrooien moet zijn. Ureum-N kan in grote hoeveelheden in het substraat worden opgenomen en organisch gebonden worden⁵⁷, waarmee het niet meer makkelijk emitteert. Stro kan vervangen worden door andere substraten (Hoofdstuk 2; Bremmer et al., 2025). Stro is duur en moet vaak worden geïmporteerd wat zorgt voor een verhoogde CO₂-voetafdruk (Slier et al., 2022).

⁵⁵ Vanuit emissieperspectief zou er, voor de zekerheid, per horizontaal oppervlak een mestschuif geplaatst kunnen worden, zodat de mest die daar valt er afgeschraapt kan worden. In dat geval zou de helling van de plateaus naar binnen gericht moeten worden en zou er een systeem van feces- en urinegoten geïnstalleerd moeten worden.

⁵⁶ Zo'n stal zou een kleiner aantal geiten kunnen herbergen dan gemiddelde stallen. Voor groepen van 500 à 1.000 geiten zouden er meerdere plateaus in de stal worden geplaatst met ruimte ertussen voor de dieren en het mestmanagement.

⁵⁷ In aanwezigheid van koolstofrijk organisch materiaal (zoals stro) kunnen micro-organismen stikstof opnemen in de biomassa, waardoor deze minder snel beschikbaar is voor emissie als ammoniak.

Onderzoek zou uitgevoerd moeten worden naar sneller absorberende substraten ter vervanging van stro (wat komt er aan restmaterialen vrij in de circulaire economie?). De stromest zal vaker dan nu het geval is uit de stal worden verwijderd om emissies te reduceren. Theoretisch zou één keer per maand al een interessante emissiereductie kunnen opleveren ten opzichte van de huidige situatie. Momenteel zijn een paar Sbv-projecten⁵⁸ die experimenteren met een verhoogde uitmestfrequentie en emissiemetingen uitvoeren. Deze en andere praktijkervaringen moeten uitwijzen wat een optimale uitmestfrequentie is. Hier speelt mee dat er nog geen systemen zijn die deze stromest automatisch kunnen verwijderen. De stromest moet momenteel nog door de veehouder of een loonwerker uit de stal worden verwijderd.

Alternatief voor de potstal: Tijdens het ontwerpatelier is ook de optie besproken om de begane grond van de stal te voorzien van een vocht doorlatende vloer, zodat de urine direct kan weglopen. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van zuigrobots die de mest van de vloer halen en naar een meststortplaats brengen. Dit alternatief kan echter nog niet worden gekozen omdat deze vocht doorlatende vloeren nog niet voldoende zijn ontwikkeld in de veehouderij.

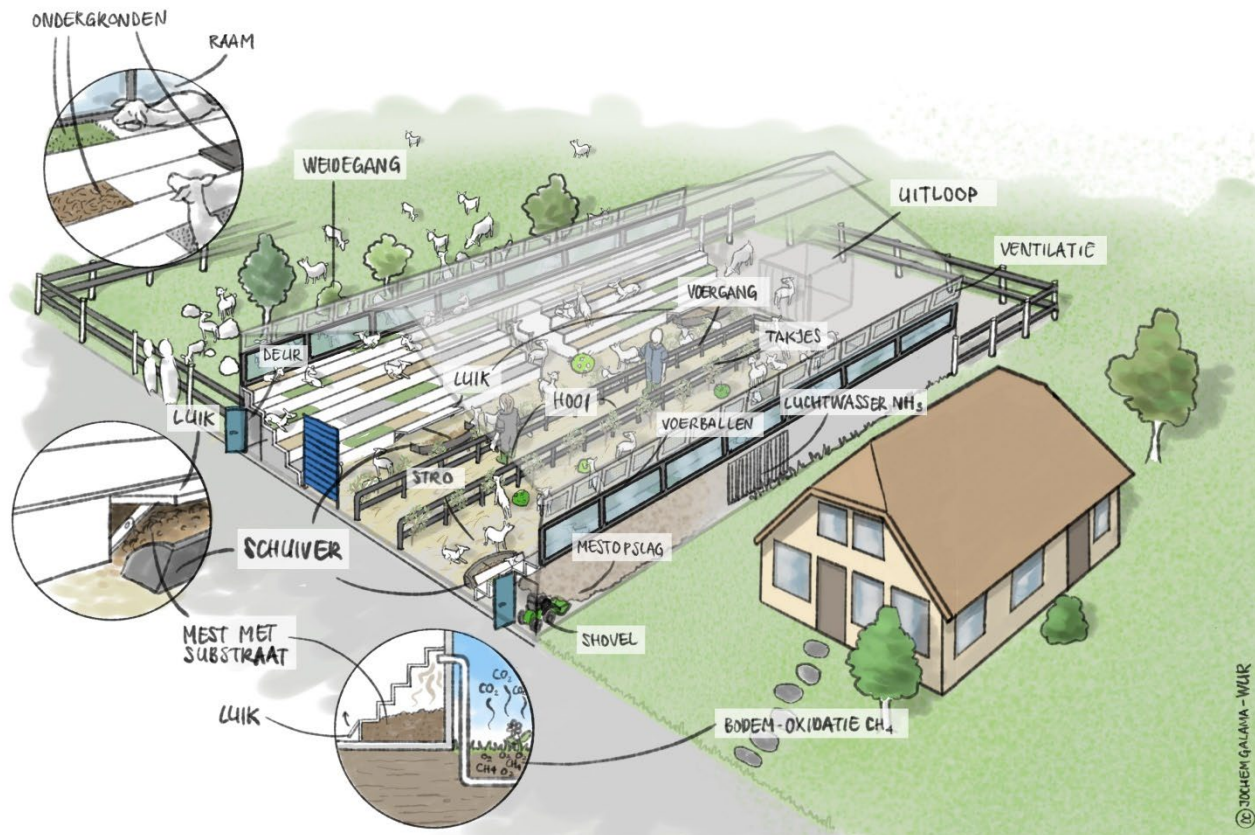
Vanuit het perspectief van de dieren komt deze stal tegemoet aan een groot deel van de principes voor een dierwaardige melkgeitenhouderij. Dit ontwerpconcept biedt de dieren meer keuzemogelijkheden (samen of apart rusten of staan op verschillende hoogtes, onder schuilen, eromheen lopen, etc.) dan de volgende variant van dit stalconcept, Het Podium. Deze tweede optie is echter makkelijker te bouwen en vergemakkelijkt mestbeheer in vergelijking met de Tribunest.

Transparantie

Bij dit concept worden ook aspecten als transparantie, natuurlijk licht, uitdagende voedervoorzieningen en weidegang/uitlopen etc. geïntegreerd. Buiten kunnen één of meerdere tribunes worden geplaatst.

⁵⁸ Subsidie brongerichte verduurzaming stal- en management (Sbv) Onderzoeken en ontwikkelen innovaties stalsystemen februari - mei 2021.

5.4 Melkgeitenstal Het Podium



Figuur 15 Melkgeitenstal Het Podium.

Bij dit concept wordt de tribune tegen de buitenwanden van de stal geplaatst, zodat de stromest gemakkelijker afgevoerd kan worden. Op de begane grond tussen deze tribune en het voerhek bevindt zich een harde vloer (bijvoorbeeld van polypropyleen of gecoat beton = niet poreus) die eenvoudig te reinigen is. Van de tribune tot het voerhek is er een ruimte van 3 à 5 meter breed. Er moet voldoende ruimte zijn om ervoor te zorgen dat geiten achter de etende en drinkende geiten kunnen lopen zonder deze te storen. Op de vloer bevindt zich een laagje absorberend, niet spetterend materiaal/substraat. Dit kan stro zijn. Schuivers zorgen dat het stro vermengd met de feces en urine onder de tribune wordt gebracht en emissiearm wordt opgeslagen. De ruimte onder het plateau is tevens de mestopslag. In deze opslagruimte is sprake van onderdruk. Luchtwassers op de opslagruimte zorgen ervoor dat er nauwelijks ammoniak in de buitenlucht terecht komt. Voor de methaanemissie wordt gebruikt gemaakt van methaanoxidatie via een bodemfilter. De bodem wordt daarbij gebruikt als biofilter. De lucht uit de luchtwasser wordt door buizen geleid die in de grond zijn gegraven (Zie Foto 10). Het methaan kan uit deze buizen ontsnappen. In de grond zetten methanotrofe micro-organismen onder aerobe omstandigheden het methaan om in CO_2 . Voor meer informatie over methaanoxidatie zie (Maasdam et al., 2024). De luchtwasser is technisch en commercieel gereed (TRL 9)⁵⁹. Biofilters zijn nog in ontwikkeling, er wordt onderzoek naar de werking met prototypen in de veehouderij (TRL 5). Luiken aan de buitenmuur zorgen ervoor dat shovels toegang hebben tot de vaste mest.

⁵⁹ 'Technology Readiness Level' (TRL) is een systeem om de mate van ontwikkeling van een technologie aan te geven. Er zijn 9 niveaus, TRL 1 is fundamenteel onderzoek en TRL 9 betekent dat de innovatie technisch en commercieel gereed is. Bij een TRL 5 worden prototypes gevalideerd [Technology Readiness Levels \(TRL\) | RVO.nl](https://www.rvo.nl/nl/onderzoek-en-ontwikkeling/technology-readiness-levels) (geraadpleegd juni 2025).

Een rechthoekige stal kan twee van dergelijke ruimtes hebben met tribunes aan beide kanten van de voergang. Het mestmanagement lijkt beter geregeld/uitvoerbaar dan bij de Piramidestal⁶⁰, maar er is minder sprake van een speelse uitstraling en de multifunctionele indeling van de ruimte voor de dieren is beperkter. Deze optie verandert daarom fundamenteel het karakter van het stalconcept zoals hierboven uitgewerkt.

Stromest emissiearm opslagen

In plaats van end-of-pipe technieken zoals hierboven beschreven (luchtwassers en methaanoxidatie via bodemfilter) kunnen ook brongerichte manieren worden overwogen om stromest te stabiliseren en verliezen van mineralen en organische stof in de vorm van ammoniak- of methaanemissies te minimaliseren. Een nog te ontwikkelen systeem moet ervoor zorgen dat er een actief composterings- of fermentatieproces plaatsvindt, waardoor de vaste mest bij opslag en aanwending stabiel wordt. Dit kan bijvoorbeeld door het toevoegen van micro-organismen (zoals melkzuurbacteriën) aan mest die koolhydraten omzetten in azijnzuur of melkzuur. Dit verlaagt de pH van de mest, wat ammoniak- en methaanemissies kan verminderen (Bussink et al., 2012; Puente et al., 2022). Dit kan ook bereikt worden door energierijke en gemakkelijk afbreekbare koolstofbronnen (als energiebron voor deze micro-organismen) aan de stromest toe te voegen, zoals melasse, maïs, zetmeel, etc. (ibid.). Deze kennis is verkregen uit experimenten met dunne fracties of drijfmest en op het moment van schrijven weten we niet hoe haalbaar deze biologische verzuringsstrategie voor stromest kan zijn.

Transparantie

Bij Het Podium worden ook aspecten als transparantie, natuurlijk licht, uitdagende voedervoorzieningen en weidegang/uitlopen etc. geïntegreerd. Buiten kunnen één of meerdere tribunes worden geplaatst.

⁶⁰ In plaats van met schuivers zouden shovels de stromest naar buiten kunnen brengen.

6 Conclusie en reflectie

Daniel Puente-Rodríguez, Bart Bremmer & Hans Hopster

Het doel van dit onderzoek was om de basiskennis te verschaffen die nodig is om integrale ontwerpconcepten van duurzamere melkgeitenstalsystemen te ontwikkelen. Specifiek lag de focus op principes, maatregelen en ontwerpconcepten voor melkgeitenstallen om emissies (van ammoniak, methaan en andere broeikasgassen) te reduceren en de dierengezondheid en het dierenwelzijn te verbeteren. In dit hoofdstuk worden de conclusies puntsgewijs samengevat. Er worden ook een aantal kennishiaten en mogelijke vervolgstappen geïdentificeerd.

- De potstal is voor veel mensen in en rondom de sector een integraal onderdeel van de melkgeitenhouderij. Er zijn echter een aantal factoren die aanzetten tot het nadenken over nieuwe huisvestingsystemen of aangepaste vormen van de potstal. Dat er nauwelijks ervaring en data is van andere huisvestingsystemen maakt een vergelijking echter moeilijk.
- De potstal is niet het beste huisvestingsstelsel om de ammoniakemissie te reduceren. Evenmin voor methaan- en lachgasemissies. Door bestaande potstallen aan te passen of nieuwe huisvestingsstelsels te ontwikkelen, is het theoretisch mogelijk om deze emissies te reduceren. Er worden momenteel experimenten uitgevoerd om deze alternatieven te ontwikkelen. Doordat alternatieven, in de praktijk toepasbare systemen op dit moment niet beschikbaar zijn, is de sector voor de ammoniakemissie aangewezen op luchtwassers die wel al commercieel beschikbaar zijn en die erkend worden als emissie-reducerende technieken.
- Er zijn ook mogelijkheden om het dierenwelzijn te optimaliseren. Wanneer het doel is om aan de behoeften van de geit te voldoen, zijn er aanwijzingen dat het belangrijk is om harde, warmte-regulerende oppervlakken op verschillende hoogtes aan te bieden. Daarnaast zijn er diverse andere behoeften van de geit waarmee rekening moet worden gehouden, zoals het kunnen vertonen van exploratie-, foerageer-, schuil-, en klimgedrag.
- De potstal wordt gezien als een huisvestingsstelsel met een over het algemeen positief imago. De vraag is echter in hoeverre de potstal vanuit het perspectief van de burger noodzakelijk is om de melkgeitenhouderij als positief te beoordelen. Bovendien kunnen tekortkomingen op het terrein van emissies, dierenwelzijn of volksgezondheid het relatief positieve beeld dat burgers lijken te hebben van de melkgeitenhouderij aantasten.
- In Hoofdstuk 3 is een literatuurstudie uitgevoerd naar de behoeften van melkgeiten. Er is een classificatie en analyse van belangrijke behoeften gepresenteerd. De resultaten van deze analyse kunnen worden gebruikt als basis voor nieuwe ontwerpen zoals in dit rapport weergegeven. Ook kunnen zij helpen om concreet te maken wat dierwaardige veehouderij in de melkgeitenhouderij betekent. Een dierwaardige melkgeitenhouderij is geen vast systeem, maar een dynamische leefomgeving waarin ruimte is voor:
 - Sociaal gedrag en het onderhouden van stabiele sociale relaties.
 - Rustgedrag op droge, veilige en comfortabele ligplekken.
 - Zelfverzorging, zoals vachtverzorging en het vermijden van onaangename prikkels.
 - Voortplantingsgedrag, met aandacht voor het welzijn van moeder en lam.
 - Exploratie en spel, die de cognitieve ontwikkeling en positieve emotionele toestanden ondersteunen.
 - Adequate thermoregulatie door toegang tot beschutting, ventilatie en keuzevrijheid.
 - Vrije voer- en wateropname zonder excessieve competitie.
 - Natuurlijke uitscheiding, op plekken die hygiënisch zijn en niet interfereren met ligplekken.
 - Zelfbescherming, door overzicht, ontsnappingsmogelijkheden en schuilplaatsen.
 - Een robuuste gezondheid, ondersteund door preventie, monitoring en een veilige bedrijfsvoering.

- Vanuit het perspectief van de geit worden de volgende ontwerpprincipes geformuleerd:
 - Ruimtelijke flexibiliteit en functionele zones voor rust, voeding, beweging en interactie. Voldoende ruimte, zichtlijnen en afscheidingsmogelijkheden maken subgroepsvorming, conflictvermijding en gedragskeuze mogelijk.
 - Keuzemogelijkheden en controle over de omgeving. Denk aan keuzes in ondergrond, hoogte, ligplek, voerplek en microklimaat. Het aanbieden van verschillende alternatieven binnen elk domein verhoogt welzijn en verlaagt stress.
 - Zintuiglijke en cognitieve verrijking door de omgeving dynamisch in te richten met objecten, materialen en stimuli. Daarmee wordt de nieuwsgierigheid van geiten geactiveerd en verveling voorkomen.
 - Stabiliteit van sociale groepen te faciliteren door hergroeperingen te beperken, rangordeconflicten te voorkomen en dieren in stabiele, herkenbare sociale verbanden te houden.
 - Hygiëne, schoon klimaat (ventilatie) en bioveiligheid (quarantaine en vaccinatie) zijn basisvoorwaarden voor gezondheid en welzijn.
 - Huisvesting die aansluit bij natuurlijke gedragsritmes: Lichtregime, voerschema's en dagstructuur ondersteunen het natuurlijke dag-nachtritme van de geit en bieden gelegenheid tot rust, activiteit en sociale interactie op passende momenten.
 - Zorg voor kwetsbare levensfasen: Bij geboorte, speenmoment, dracht en lactatie. Goede biestvoorziening, stressreductie en passende huisvesting zijn hierbij cruciaal.
 - Integratie van gezondheidszorg en welzijnsmonitoring: Gezondheid en welzijn zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Preventief gezondheidsbeleid, periodieke evaluaties van welzijnsindicatoren en training van personeel zijn essentieel voor duurzame dierzorg.
- Methodologisch gezien biedt de hier gepresenteerde pilotstudie (Hoofdstuk 4) een interessante aanpak om observaties uit te voeren voor het bestuderen van het gebruik van verhoogde structuren in melkgeitenstallen.
- Uit de pilotstudie blijkt dat de platforms in het experiment ongeveer 40% van de tijd werden gebruikt: om te klimmen, te lopen, te liggen en om eronder te schuilen/te rusten. Dit bevestigde de hypothese dat verhoogde structuren interessante elementen zijn om melkgeitenstallen te verrijken met het oog op dierenwelzijn.
- De drie in Hoofdstuk 6 uitgewerkte ontwerpconcepten bestaan uit diverse principes, maatregelen en elementen die ook toepasbaar zijn in andere huisvestingssystemen en gecombineerd kunnen worden met andere elementen/maatregelen. De concepten zijn zoveel mogelijk onderbouwd met beschikbare informatie. Verdere ontwerp rondes om de concepten verder uit te werken en draagvlak te creëren zijn noodzakelijk. Theoretisch kunnen deze ontwerpconcepten voldoen aan de geformuleerde doelstellingen voor emissiereductie en welzijnsverbetering.
- Op de lange termijn moet er een evenwicht worden gevonden tussen de behoeften van de maatschappij, van de melkgeiten en die van de melkgeitenhouders, om duurzaamheidsdoelen af te stemmen op de economische levensvatbaarheid van de melkgeitenhouderij.

Kennishiaten

De concepten die in dit hoofdstuk worden geïntroduceerd, bouwen soms voort op kennis en ervaringen uit andere sectoren en domeinen. Ook wat betreft bijvoorbeeld de behoeften van de melkgeiten zijn er nog kennishiaten. Daarom worden hier de belangrijkste vragen/onderwerpen geïdentificeerd die op korte termijn in fundamenteel of experimenteel in de praktijkonderzoek beantwoord/onderzocht moeten worden om deze concepten verder te kunnen ontwikkelen.

- Definitie van functiegebieden voor geiten:
 - Welke eisen moeten er gesteld worden aan de introductie van jonge dieren in het nieuwe huisvestingsstelsel waarin de groep met volwassen dieren zal verblijven? Gewenning/training van jonge dieren.
 - Voorkeuren van melkgeiten voor materialen (oppervlakken) om te rusten.
 - Wat is de rol van factoren zoals thermoregulatie, hardheid, hygiëne of van sociale factoren zoals hiërarchie en de activiteit van de dieren op verschillende tijdstippen?
 - Sturing van excretie gedrag.
 - Welke rol spelen factoren zoals materiaal-oppervlak?

- Waar en wanneer vindt het plaats?
 - Wat kan dit opleveren voor emissiereductie? Hoe klein kan/moet het met urine en mest besmeurde oppervlak zijn?
 - Wat kan dit opleveren voor diergezondheid?
- Doorontwerp van plateaus als verrijking en specificeren van functies.
 - Excretiegedrag op/onder de platforms.
 - Rekening houden met de veiligheid van dieren.
 - Dimensionering van plateaus voor het aantal dieren.
- Gedrag van geiten in groepsverband:
 - Optimale groepsgrootte en ruimtebehoefte.
 - Groepsvorming 'fission-fusion'.
- Meer bedrijfsmetingen van ammoniak-, lachgas- en methaanemissies. De prestatie van de potstal wordt daarmee preciezer en er ontstaat inzicht in de spreiding tussen bedrijven.
 - Emissies van fijnstof en geur meenemen.
 - Wat is bij emissies uit de potstal bij geiten het belang van factoren als temperatuur, zuurgraad, eigenschappen van strooisel, diepte van de pot, etc.
 - Hoe gedragen populaties methanogene en methanotrofe micro-organismen in potstallen met geitenmest?
 - Experimenten met alternatieve huisvestingssystemen waarbij emissiemetingen worden uitgevoerd, maken vergelijking mogelijk.
 - Hoe is de verhouding tussen emissies in de stal, mestopslag en bij aanwending?
 - Effect van weidegang op emissiereductie.
- Verdeling van CH₄-emissies bij melkgeiten tussen enterisch en uit de mest.
- Pilotsstudies: prestatie van gecoate roostervloer, mestband en aanzuren van dunne fracties bij melkgeiten (zie Hoofdstuk 5). Deze studies richten zich op emissies, maar omvatten ook dierenwelzijn, beloopbaarheid, vervuiling van de dieren, arbeidsgemak, etc.
- Ontwerpen van uitlopen- en weidegangsystemen voor melkgeitenhuisvestingssystemen.
 - Haalbaarheid.
 - Prestatie ten aanzien van emissies.
- Deskstudie en pilots met opslagen, verwerken en uitrijden van de vaste mest van geiten.
 - Substraten opties voor de potstal
 - Absorptievermogen.
 - Meer en/of vaker instrooien.
 - Vaste mest wordt gebruikt ook vanwege de ervaren goede zorg voor de bodem (voeding, bodemleven, OS en water-levering en -conserveringsvermogen). Performance van nieuwe substraten samen met melkgeiten mest op landbouwgronden.
 - Andere eigenschappen zoals, stofproductie, spetteren, etc.
 - Vaste mestverwerking: Composteren, fermenteren, vergisten.
 - Vaste mest emissiearm opslaan: Beluchten, koelen, aanzuren.
- Prestaties van nieuwe huisvestingssystemen in relatie tot de volksgezondheid.
- Wat is de perceptie van de burger over de melkgeitenhouderij en van thema's als dierenwelzijn en emissiereductie?
 - Welke huisvestingssystemen hebben de voorkeur van burgers?
 - Als het om voorkeuren van burgers gaat, hoe belangrijk zijn die voorkeuren, welke afwegingen maakt een burger daarbij, en welke prioriteiten worden er gesteld?
 - Bijvoorbeeld: kan een voorkeur voor staltype 'geneutraliseerd' worden door weidegang of extra bewegingsruimte aan te bieden bij een niet-geprefereerd staltype?
 - In hoeverre zijn burgers bereid extra te betalen of op een andere manier extra moeite te doen voor systemen die hun voorkeur hebben (waarvoor wel, waarvoor niet en hoeveel)?

Dankwoord

Graag willen we de volgende instanties en personen bedanken voor hun bijdrage aan de uitvoering van dit onderzoek.

Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur.

Boerderij Breevoort - familie Tolboom, Jos Tolboom (melkgeitenhouder) & dierverzorgers: Remco Hilhorst, Patrick van Rijn, Laura Verhoef en Senna van Slichtenhorst.

Leden van de begeleidingscommissie: Mariska Kerste (LVVN), Yvonne Goos (LVVN), Jos Tolboom (LTO-vakgroep geitenhouderij), Jessie Megens (Platform Melkgeitenhouderij), Ward Watzeels (Bettinehoeve BV), Mattijn Papen (Maatschap H.J. Olbach, M.H.A. Papen & A. Papen Olbach), Gert Jan Frijters (Melkgeitenhouderij Frijters v.o.f.), Geert van der Peet (voorzitter van de begeleidingscommissie).

Wageningen Livestock Research: Iris Huisman, Marc Bracke, Nico Ogink & Bram Bos.

Wageningen Economic Research: Harry Kortstee.

Will van Hoof (Keigroen V.O.F.).

Jochem Galama (Contour IDS).

Literatuur

- Aarnink, A.J.A., De Groot, J., & Booijen, M. (2021). Analyse beschikbare technieken voor integrale emissiereductie in varkensstallen. Wageningen Livestock Research.
- Aarnink, A.J.A., & Vermeij, I. (2023). Sectoranalyse varkens om implementatie van emissiearme systemen via een investerings-regeling te stimuleren. Wageningen Livestock Research.
- Aarnink, A.J.A., Losada, J.M., López, M.C., Roest, H.I.J., Hol, J.M.G., Van Arkel, M.C., Zhao, Y., Huis in 't Veld, J.W.H., Gerrits, F.A., & Ogink, N.W.M. (2012). Emissies van stof en ziektekiemen uit melkgeitenstallen. Livestock Research, Wageningen UR. Rapport 489.
- Aarnink, A.J.A., Roest, H.I.J., Van Arkel, M.C., Hol, J.M.G., Losada, J.M., & Ogink, N.W.M. (2014). Emissies van stof en ziektekiemen uit melkgeitenstallen: aanvullende metingen. Livestock Research, Wageningen UR. Rapport 712.
- Abijaoudé, J.A., Morand-Fehr, P., Tessier, J., Schmidely, P., & Sauvant, D. (2000). Diet effect on the daily feeding behaviour, frequency and characteristics of meals in dairy goats. *Livestock Production Science*, 64(1), 29-37. doi:10.1016/S0301-6226(00)00173-1.
- Addae, P.C., Awotwi, E.K., Oppong-Anane, K., & Oddoye, E.O.K. (2000). Behavioural interactions between West African dwarf nanny goats and their single-born kids during the first 48 hours post-partum. *Applied Animal Behaviour Science*, 67(1-2), 77-88. doi:10.1016/S0168-1591(99)00119-7.
- Addison, W., & Baker, E. (1982) Agonistic behavior and social organization in a herd of goats as affected by the introduction of non-members. *Applied Animal Ethology*, 8(6), 572-535. doi:10.1016/0304-3762(82)90216-4.
- Ahmad, N., & Noakes, D.E. (1996). Sexual maturity in British breeds of goat kids. *British Veterinary Journal*, 152(1), 93-103. doi:10.1016/S0007-1935(96)80089-3.
- Ajuda, I.d.G.G., Battini, M., & Stilwell, G.T. (2019). The role of claw deformation and claw size on goat lameness. *Veterinary and Animal Science*, 8, 100080.
- Al-Ramamneh, D., Riek, A., & Gerken, M. (2012). Effect of water restriction on drinking behaviour and water intake in German black-head mutton sheep and Boer goats. *Animal*, 6(1), 173-178. doi:10.1017/S1751731111001431.
- Al-Tamimi, H.J. (2007). Thermoregulatory response of goat kids subjected to heat stress. *Small Ruminant Research*, 71(1-3), 280-285. doi:10.1016/j.smallrumres.2006.04.013.
- Alberto, F.J., Boyer, F., Orozco-Terwengel, P., Streeter, I., Servin, B., De Villemereuil, P., et al. (2018). Convergent genomic signatures of domestication in sheep and goats. *Nature Communications*, 9(1). doi:10.1038/s41467-018-03206-y.
- Alley, J.C., & Fórdham, R.A. (1994). Social events following the introduction of unfamiliar does to a captive feral goat (*Capra hircus* L.) herd. *Small Ruminant Research*, 13(1), 103-107. doi:10.1016/0921-4488(94)90038-8.
- Almeida, J.G.R., Lorinquer, E., Robin, P., Ribeiro-Filho, H.M.N., & Edouard, N. (2022). Ammonia and nitrous oxide emissions from dairy cows on straw-based litter systems. *Atmosphere*, 13(2), 283.
- Alonso, M.E., González-Montaña, J.R., & Lomillos, J.M. (2020). Consumers' concerns and perceptions of farm animal welfare. *Animals*, 10(3), 385. doi: 10.3390/ani10030385.
- Alvarez, L., Adcock, S.J.J., & Tucker, C.B. (2019). Sensitivity and wound healing after hot-iron disbudding in goat kids. *Journal of dairy science*, 102(11), 10152-10162. doi:10.3168/jds.2018-16062.
- Alvarez, L., & Gutiérrez, J. (2010). A first description of the physiological and behavioural responses to disbudding in goat kids. *Animal Welfare*, 19(1), 55-59. doi:10.1017/S0962728600001160.
- Amon, B., Amon, T., Boxberger, J., & Alt, C. (2001). Emissions of NH₃, N₂O and CH₄ from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (housing, manure storage, manure spreading). *Nutrient cycling in Agroecosystems*, 60, 103-113. doi:10.1023/A:1012649028772.
- Amon, B., Kryvoruchko, V., Amon, T., & Zechmeister-Boltenstern, S. (2006). Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 112(2-3), 153-162.

- Andersen, I.L., & Bøe, K.E. (2007). Resting pattern and social interactions in goats—The impact of size and organisation of lying space. *Applied Animal Behaviour Science*, 108(1-2), 89-103. doi:10.1016/j.applanim.2006.10.015.
- Andersen, I.L., Roussel, S., Ropstad, E., Braastad, B.O., Steinheim, G., Janczak, A.M., et al. (2008). Social instability increases aggression in groups of dairy goats, but with minor consequences for the goats' growth, kid production and development. *Applied Animal Behaviour Science*, 114(1-2), 132-148.
- Andersen, I.L., Tønnesen, H., Estevez, I., Cronin, G.M., & Bøe, K.E. (2011). The relevance of group size on goats' social dynamics in a production environment. *Applied Animal Behaviour Science*, 134(3-4), 136-143.
- Andersen, I.L., Vas, J., Boe, K.E., Mattiello, S., Rapetti, L., & Trabalza-Marinucci, M. (2024). Welfare Issues in Goat Farming: Housing and Nutrition. In S. Mattiello & M. Battini (Eds.), *The Welfare of Goats* (pp. 121-172): Springer Nature AG.
- Aschwanden, J., Gygax, L., Wechsler, B., & Keil, N.M. (2008). Social distances of goats at the feeding rack: Influence of the quality of social bonds, rank differences, grouping age and presence of horns. *Applied Animal Behaviour Science*, 114(1-2), 116-131. doi:10.1016/j.applanim.2008.02.002.
- Aschwanden, J., Gygax, L., Wechsler, B., & Keil, N.M. (2009a). Loose housing of small goat groups: Influence of visual cover and elevated levels on feeding, resting and agonistic behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, 119(3-4), 171-179.
- Aschwanden, J., Gygax, L., Wechsler, B., & Keil, N.M. (2009b). Structural modifications at the feeding place: Effects of partitions and platforms on feeding and social behaviour of goats. *Applied Animal Behaviour Science*, 119(3-4), 180-192.
- Askins, G.D., & Turner, E.E. (1972). A behavioral study of angora goats on west Texas range. *Journal of Range Management*, 25(2), 82-87. doi: 10.2307/3896790.
- Avondo, M., Biondi, L., Pagano, R.I., Bonanno, A., & Lutri, L. (2008). Feed Intake. In A. Cannas & G. Pulina (Eds.), (pp. 147-160). Wallingford, Oxfordshire, UK: CAB International.
- Ba, S., Qu, Q., Zhang, K., & Groot, J.C.J. (2020). Meta-analysis of greenhouse gas and ammonia emissions from dairy manure composting. *Biosystems Engineering*, 193, 126-137.
- Bajaj, N.K. (2024). Diseases of reproductive system of goats. In T. Rana (Ed.), *Trends in Clinical Diseases, Poduction and Management of Goats: Clinical Disease of Goats* (Vol. 2, pp. 417-428). Kolkata, West Bengal, India: Academic Press.
- Baltussen, A. (2009). (Msc thesis). Universiteit Gent, Retrieved from: https://libstore.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/392/396/RUG01-001392396_2010_0001_AC.pdf.
- Barbosa, J.C., & Fitas da Cruz, V. (2009). Farm buildings and working conditions on goat farms: the current situation in Trás-os-Montes (Portugal) and future developments. Paper presented at the European Forum "Livestock Housing for the Future".
- Barroso, F.G., Alados, C.L., & Boza, J. (2000). Social hierarchy in the domestic goat: Effect on food habits and production. *Applied Animal Behaviour Science*, 69(1), 35-53. doi:10.1016/S0168-1591(00)00113-1.
- Battini, M., Barbieri, S., Fioni, L., & Mattiello, S. (2016). Feasibility and validity of animal-based indicators for on-farm welfare assessment of thermal stress in dairy goats. *International Journal of Biometeorology*, 60.
- Battini, M., Stilwell, G., Vieira, A., Barbieri, S., Canali, E., & Mattiello, S. (2015). On-farm welfare assessment protocol for adult dairy goats in intensive production systems. *Animals*, 5(4), 934-950.
- Battini, M., Vieira, A., Barbieri, S., Ajuda, I., Stilwell, G., & Mattiello, S. (2014). Invited review: Animal-based indicators for on-farm welfare assessment for dairy goats. *Journal of dairy science*, 97(11), 6625-6648. doi:10.3168/jds.2013-7493.
- Baumgartner, M. (2012). (PhD thesis) Liegeverhalten von Pferden im Offenlaufstall auf unterschiedlichen Bodenmaterialien (Gummimatten, Späne und Sand). Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Beauchamp, G. (2015). *Animal vigilance: monitoring predators and competitors*: Academic Press.
- Bélangier-Naud, S., Cinq-Mars, D., Julien, C., Arsénault, J., Buczinski, S., Lévesque, J., & Vasseur, E. (2021). A survey of dairy goat kid-rearing practices on Canadian farms and their associations with self-reported farm performance. *Journal of dairy science*, 104(9), 9999-10009. doi:10.3168/jds.2020-18663.
- Berthel, R., Dohme-Meier, F., & Keil, N. (2024). Dairy sheep and goats sort for particle size and protein in mixed rations. *Applied Animal Behaviour Science*, 271(December 2023), 106144-106144. doi:10.1016/j.applanim.2023.106144.
- Berthel, R., Simmler, M., Dohme-Meier, F., & Keil, N. (2022). Dairy sheep and goats prefer the single components over the mixed ration. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. doi:10.3389/fvets.2022.1017669.

- Berthelot, M., Aubert, C., Ehrhardt, N., Baudry, C., & Paraud, C. (2024a). Dairy goat doe-kid rearing systems: Farmers' motivations and a description of practices, benefits and drawbacks. *Journal of dairy science*, 107(10), 8100-8114. doi:10.3168/jds.2023-24600.
- Berthelot, M., Aupiais, A., Boivin, X., Cremoux, R. d., Fatet, A., Michel, V., et al. (2024b). Welfare Issues in Goat Farming and Management. In S. Mattiello & M. Battini (Eds.), *The Welfare of Goats* (pp. 173-235): Springer Nature AG.
- Beurskens, A.G.C., de Gijsel, P., & Hol, J.M.G. (2004). Geuremissie van een stal voor melkgeiten: Agrotechnology & Food Sciences Group. <https://edepot.wur.nl/158236>.
- Bianca, W., & Kunz, P. (1978). Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and high altitude. *Livestock Production Science*, 5(1), 57-69. doi:10.1016/0301-6226(78)90007-6.
- Bikker, P., Šebek, L. B., van Bruggen, C., & Oenema, O. (2019). Stikstof-en fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren: Herziening excretieforfaits Meststoffenwet 2019. WOt-technical report 152.
- Biquand, S., & Biquand-Guyot, V. (1992). The influence of peers, lineage and environment on food selection of the criollo goat (*Capra hircus*). *Applied Animal Behaviour Science*, 34(3), 231-245. doi:10.1016/S0168-1591(05)80118-2.
- Blanes-Vidal, V., Hansen, M.N., Pedersen, S., & Rom, H.B. (2008). Emissions of ammonia, methane and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 124(3-4), 237-244.
- Bloomsmith, M.A., Brent, L.Y., & Schapiro, S.J. (1991). Guidelines for developing and managing environmental enrichment program for nonhuman primates. *Lab Anim Sci.*, 41(4), 372-377.
- Bøe, K.E., Andersen, I.L., Buisson, L., Simensen, E., & Jeksrud, W.K. (2007). Flooring preferences in dairy goats at moderate and low ambient temperature. *Applied Animal Behaviour Science*, 108(1-2), 45-57. doi:10.1016/j.applanim.2006.12.002.
- Bøe, K.E., Dønnem, I., Løkken, C.B., & Kischel, S.G. (2021). The preference for water nipples vs. water bowls in pregnant ewes. *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences*, 70(2), 107-112. doi:10.1080/09064702.2021.1886321.
- Bøe, K.E., & Ehrlenbruch, R. (2013). Thermoregulatory behavior of dairy goats at low temperatures and the use of outdoor yards. *Canadian Journal of Animal Science*, 93(1), 35-41. doi:10.4141/cjas2012-028
- Bøe, K.E., Ehrlenbruch, R., & Andersen, I.L. (2012). Outside enclosure and additional enrichment for dairy goats--a preliminary study. *Acta veterinaria Scandinavica*, 54, 68-68. doi:10.1186/1751-0147-54-68.
- Boivin, X., & Braastad, B.O. (1996). Effects of handling during temporary isolation after early weaning on goat kids' later response to humans. *Applied Animal Behaviour Science*, 48(1-2), 61-71. doi:10.1016/0168-1591(95)01019-X.
- Bondt, N., Kortstee, H., Splinter, G., Wattel, C., & Bremmer, B. (2022). Duurzaam perspectief voor melkgeitenbedrijven: Deelrapportage 1e stap: Maatschappelijke wensen en daaruit afgeleide doelstellingen voor verduurzaming: Wageningen Economic Research.
- Boogaard, B.K. (2009). The socio-cultural sustainability of animal farming: an inquiry into social perceptions of dairy farming in the Netherlands and Norway: Wageningen University and Research.
- Boogaard, B.K., Boekhorst, L.J.S., Oosting, S.J., & Sørensen, J.T. (2011). Socio-cultural sustainability of pig production: Citizen perceptions in the Netherlands and Denmark. *Livestock Science*, 140(1-3), 189-200.
- Boogaard, B.K., Oosting, S.J., & Bock, B.B. (2008). Defining sustainability as a socio-cultural concept: Citizen panels visiting dairy farms in the Netherlands. *Livestock Science*, 117(1), 24-33.
- Borland, J.M., Frantz, K.J., Aiani, L.M., Grantham, K.N., Song, Z., & Albers, H.E. (2017). A novel operant task to assess social reward and motivation in rodents. *Journal of Neuroscience Methods*, 287, 80-88. doi:10.1016/j.jneumeth.2017.06.003.
- Bos, A.P., & Groot Koerkamp, P.W.G. (2009). Synthesizing needs in system innovation through methodical design. A methodical outline on the role of needs in Reflexive Interactive Design (RIO). In K.J. Poppe, C. Termeer, & M. Slingerland (Eds.), *Transitions towards sustainable agriculture, food chains and peri-urban areas* (pp. 219-237). Wageningen, the Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Bos, A.P., Puente-Rodríguez, D., Reijs, J.W., Van der Peet, G.F.V., & Groot Koerkamp, P.W.G. (2017). Monitoring verduurzaming veehouderij 1.0; Een eerste proeve van een Monitorings-systeematiek voor de 15 ambities van de Uitvoeringsagenda Duurzame Veehouderij, met initiële resultaten voor drie diersectoren en een aantal keteninitiatieven. Wageningen Livestock Research, Rapport 1045.

- Bos, A.P., & van Eijk, O.N.M. (2009). Programma van eisen van de burger/consument met betrekking tot de melkveehouderij: Kracht van Koeien= Brief of Requirements of the citizen/consumer. Animal Sciences Group, Wageningen UR, Rapport 185.
- Boshoff, M. (2023). Modelling of normal and extended lactation for milk , fat and protein yields of New Zealand dairy goats. <http://hdl.handle.net/10179/20066>.
- Boshoff, M., Lopez-Villalobos, N., Andrews, C., & Turner, S.A. (2024). Modeling daily yields of milk, fat, protein, and lactose of New Zealand dairy goats undergoing standard and extended lactations. *Journal of dairy science*, 107(3), 1500-1509. doi:10.3168/jds.2023-23926.
- Botreau, R., Mialon, M.-M., Berthelot, M., Deschrevel, L., Meunier, B., & Caillat, H. (2023). Goats' preferences for four types of brushes and impact on their welfare. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, 26, 569-572. <https://hal.inrae.fr/hal-03952675>.
- Boyd, I.L. (1981). Population changes and the distribution of a herd of feral goats (*Capra sp.*) on Rhum, Inner Hebride, 1960-78. *Journal of Zoology*, 193(3), 287-304.
- Braam, C., & Swierstra, D. (1999). Volatilization of ammonia from dairy housing floors with different surface characteristics. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72(1), 59-69.
- Bracke, M.B.M., Smolders, G., Vermeer, H.M., Wagenaar, J.P., Verkaik, J.C., & Verwer, C. (2011). Verbeteren welzijnsprestaties in de biologische veehouderij: Korte termijn prioriteiten en aanzet tot lange termijn visie. Wageningen UR. Rapport 479.
- Bremmer, B., Van Ruitenbeek, A.H., & Sebek, L. (2025 in voorbereiding). Handvaten voor emissiereductie in de melkgeitenhouderij; een inventarisatie van broeikasgassen en stikstof excretie uit de Nederlandse geitenhouderij en hoe deze te verminderen. Wageningen Livestock Research.
- Bridges, R.S. (2015). Neuroendocrine Regulation of Maternal Behavior. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 36, 178-196.
- Briefer, E., & McElligott, A.G. (2011). Mutual mother-offspring vocal recognition in an ungulate hider species (*Capra hircus*). *Animal Cognition*, 14(4), 585-598. doi:10.1007/s10071-011-0396-3.
- Briefer, E.F., De la Torre, M.P., & McElligott, A.G. (2012). Mother goats do not forget their kids' calls. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1743), 3749-3755. doi:10.1098/rspb.2012.0986.
- Briefer, E.F., Oxley, J.A., & McElligott, A.G. (2015). Autonomic nervous system reactivity in a free-ranging mammal: Effects of dominance rank and personality. *Animal Behaviour*, 110, 121-132. doi:10.1016/j.anbehav.2015.09.022.
- Brindley E.L., Bullock D.J. & Maisels F. (1989) Effects of rain and fly harassment on the feeding behaviour of free-ranging feral goats. *Applied Animal Behaviour Science*, 24 (1), 31-41. doi:10.1016/0168-1591(89)90123-8.
- Broto Rebuli, K., Giacobini, M., & Bertolotti, L. (2021). Caprine arthritis encephalitis virus disease modelling review. *Animals*, 11(5), 1-19. doi:10.3390/ani11051457.
- Broucek, J. (2014). Production of methane emissions from ruminant husbandry: a review. *Journal of Environmental Protection*, 5(15), 1482.
- Buijs, A., & Lawrence, A. (2013). Emotional conflicts in rational forestry: towards a research agenda for understanding emotions in environmental conflicts. *Forest Policy and Economics*, 33, 104-111.
- Bungo, T., Shimojo, M., Nakano, Y., Okano, K., Masuda, Y., & Goto, I. (1998). Relationship between nursing and suckling behaviour in Tokara native goats. *Applied Animal Behaviour Science*, 59(4), 357-362. doi:10.1016/S0168-1591(98)00144-0.
- Burghardt, G.M. (2005). The genesis of animal play: Testing the limits. Cambridge, MA, US: MIT Press.
- Bussink, D.W., Van Rotterdam- Los, A.M.D., & Wenzl, W. (2012). Biologisch aanzuren van mest kansrijk voor melkveebedrijven. NMI-Agro, Rapport 1422.N.11.
- Byers, J.A. (1977). Terrain Preferences in the Play Behavior of Siberian Ibex Kids (*Capra ibex sibirica*). *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 45(2), 199-209. doi:10.1111/j.1439-0310.1977.tb02117.x.
- Byers, J.A. (1980). Play Partner Preferences in Siberian Ibex, *Capra ibex sibirica*. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 53(1), 23-40. doi:10.1111/j.1439-0310.1980.tb00731.x.
- Cabaraux, J.-F., Philippe, F.-X., Laitat, M., Canart, B., Vandenheede, M., & Nicks, B. (2009). Gaseous emissions from weaned pigs raised on different floor systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 130(3-4), 86-92.
- Cai, L., Yu, J., Zhang, J., & Qi, D. (2015). The effects of slatted floors and manure scraper systems on the concentrations and emission rates of ammonia, methane and carbon dioxide in goat buildings. *Small Ruminant Research*, 132, 103-110. doi:10.1016/j.smallrumres.2015.10.015.

- Calhim, S., Shi, J., & Dunbar, R. I. M. (2006). Sexual segregation among feral goats: testing between alternative hypotheses. *Animal Behaviour*, 72(1), 31-41. doi:10.1016/j.anbehav.2005.08.013.
- Cannas, A., Atzori, A.S., Boe, F., & Teixeira, I.A.M.A. (2008). Energy and protein requirements of goats. In A. Cannas & G. Pulina (Eds.), (pp. 118-146). Wallingford. Oxfordshire, UK: CAB International.
- Capuco, A.V., Ellis, S.E., Hale, S.A., Long, E., Erdman, R.A., Zhao, X., & Paape, M.J. (2003). Lactation persistency: insights from mammary cell proliferation studies. *Journal of Animal Science*, 81 Suppl 3, 18-31. doi:10.2527/2003.81suppl_318x.
- Carbonaro, D., Friend, T., Dellmeier, G., & Nuti, L. (1992). Behavioral and physiological responses of dairy goats to isolation. *Physiology & behavior*, 51(2), 297-301.
- CARC. (2003). Recommended code of practice for the care and handling of farm animals (0662208684). <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300162986>.
- Celaya, R., Benavides, R., García, U., Ferreira, L.M.M., Ferre, I., Martínez, A., et al. (2008). Grazing behaviour and performance of lactating suckler cows, ewes and goats on partially improved heathlands. *Animal*, 2(12), 1818-1831. doi:10.1017/S1751731108003224.
- Celozzi, S., Mattiello, S., Battini, M., Zucali, M., Pirovano, L., Albano, C., et al. (2021). Effect of a reduced amount of straw bedding on goats' comfort and hygienic characteristics of milk and straw. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 995-1001. doi:10.1080/1828051X.2021.1920483.
- Chadwick, D.R. (2005). Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from cattle manure heaps: effect of compaction and covering. *Atmospheric environment*, 39(4), 787-799.
- Chakraborty, P.K., Stuart, L.D., & Brown, J.L. (1989). Puberty in the male Nubian Goat: Serum concentrations of LH, FSH and testosterone from birth through puberty and semen characteristics at sexual maturity. *Animal reproduction science*, 20(2), 91-101. doi:10.1016/0378-4320(89)90067-5.
- Chemineau, P. (1983). Effect on oestrus and ovulation of exposing creole goats to the male at three times of the year. *Journal of Reproduction and Fertility*, 67(1), 65-72. doi:10.1530/jrf.0.0670065.
- Chen, J., Wade, M.J., Dolfig, J., & Soyer, O.S. (2019). Increasing sulfate levels show a differential impact on synthetic communities comprising different methanogens and a sulfate reducer. *Journal of the Royal Society Interface*, 16(154). doi:10.1098/rsif.2019.0129.
- Chepko, B.D. (1971). A Preliminary Study of the Effects of Play Deprivation on Young Goats. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 28(5), 517-526. doi:10.1111/j.1439-0310.1971.tb00835.x.
- Chojnacki, R.M., Vas, J., & Andersen, I.L. (2014). The effects of prenatal stocking densities on the fear responses and sociality of goat (*Capra hircus*) kids. *PLoS ONE*, 9(4). doi:10.1371/journal.pone.0094253.
- Clark, F.E. (2017). Cognitive enrichment and welfare: Current approaches and future directions. *Anim. Behav. Cogn*, 4(1), 52-71. doi:10.12966/abc.05.02.2017.
- Collias, N.E. (1956). The Analysis of Socialization in Sheep and Goats Author. *Ecology*, 37(2), 228-239. doi: 10.2307/1933135.
- Cornelissen, J.M.R., Ursinus, N., Schepers, F., Groot Koerkamp, P.W.G., & Van Dixhoorn, I. (2009). De belangrijkste eisen die de melkkoe aan haar omgeving stelt. Animal Sciences Group, Wageningen UR. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/383164>.
- Crepaldi, P., Bionda, A., & Colli, L. (2024). Where Do Goats Come From? In S. Mattiello & M. Battini (Eds.), *The Welfare of Goats* (pp. 1-20): Springer Nature AG.
- Cross, N. (2008). *Engineering design methods. Strategies for product design* (F. edition Ed.). Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Crutzen, P.J., Aselmann, I., & Seiler, W. (1986). Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna, and humans. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 38(3-4), 271-284.
- Cuartas, P., & García-González, R. (1992). *Quercus ilex* browse utilization by Caprini in Sierra de Cazorla and Segura (Spain). In F. Romane & J. Terraoas (Eds.), (Vol. Vegetatio, pp. 317-330). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- CVB. (2016). *Tabellenboek Veevoeding 2016; Voedernormen Rundvee, Schapen, Geiten En Voederwaarden Voedermiddelen Voor Herkauwers*. Federatie Nederlandse Diervoederketen. CVB-reeks nr. 52. <https://edepot.wur.nl/397414>.
- Dalby, F.R., Hafner, S.D., Petersen, S.O., VanderZaag, A.C., Habtewold, J., Dunfield, K., et al. (2021). Understanding methane emission from stored animal manure: A review to guide model development. *Journal of Environmental Quality*, 50(4), 817-835.
- Darcan, N., & Cankaya, S. (2008). The effects of ventilation and showering on fattening performances and carcass traits of crossbred kids. *Small Ruminant Research*, 75(2-3), 192-198. doi:10.1016/j.smallrumres.2007.10.004.

- Darcan, N., Cedden, F., & Cankaya, S. (2008). Spraying effects on some physiological and behavioural traits of goats in a subtropical climate. *Italian Journal of Animal Science*, 7(1), 77-85. doi:10.4081/ijas.2008.77.
- Darcan, N., & Güney, O. (2008). Alleviation of climatic stress of dairy goats in Mediterranean climate. *Small Ruminant Research*, 74(1-3), 212-215. doi:10.1016/j.smallrumres.2007.02.007.
- Dawkins, M.S. (1983). Battery hens name their price: Consumer demand theory and the measurement of ethological 'needs'. *Animal Behaviour*, 31(4), 1195-1205. doi:10.1016/S0003-3472(83)80026-8.
- De Cremoux, R., Legris, M., & Clément, V. (2024). Evaluation of careers and performances of goats with extended lactations. *Small Ruminant Research*, 231(March 2023). doi:10.1016/j.smallrumres.2024.107198.
- De Rooij, M.M., Smit, L.A., Erbrink, H.J., Hagenaars, T.J., Hoek, G., Ogink, N.W., et al. (2019). Endotoxin and particulate matter emitted by livestock farms and respiratory health effects in neighboring residents. *Environment international*, 132, 105009.
- De Vlieger, K., Sengers, H., & Meeusen, M.J.G. (2002). Marktverkenning biologische geitenmelkproducten: LEI. Rapport 5.02.09.
- Deemingabc, L., Beausoleilc, N., Staffordc, K., Websterb, J., & Zobelb, G. (2021). Brief communication: Investigating the pattern of lameness in dairy goats across the first two years of life. *New Zealand Journal of Animal Science and Production*, 81, 35-38.
- Delibes, M., Castañeda, I., & Fedriani, J.M. (2017). Tree-Climbing Goats Disperse Seeds during Rumination. *Frontiers in Ecology and the Environment* 15(4), 222-223.
- Della Libera, K., Strandburg-Peshkin, A., Griffith, S.C., & Leu, S.T. (2023). Fission-fusion dynamics in sheep: the influence of resource distribution and temporal activity patterns. *Royal Society Open Science*, 10(7). doi:10.1098/rsos.230402.
- Desire, S., Mucha, S., Coffey, M., Mrode, R., Broadbent, J., & Conington, J. (2018). Pseudopregnancy and aseasoneal breeding in dairy goats: Genetic basis of fertility and impact on lifetime productivity. *Animal*, 12(9), 1799-1806. doi:10.1017/S1751731117003056.
- Desnoyers, M., Duvaux-Ponter, C., Rigalma, K., Roussel, S., Martin, O., & Giger-Reverdin, S. (2008). Effect of concentrate percentage on ruminal pH and time-budget in dairy goats. *Animal*, 2(12), 1802-1808. doi:10.1017/S1751731108003157.
- Dickinson, B.G. (1994). (Bsc thesis) A Study of the diets of Feral Goat Populations in the Snowdonia National Park. School of Agriculture and Forest Sciences University of North Wales.
- Dijkstra, F., Van der Hoek, W., Wijers, N., Schimmer, B., Rietveld, A., Wijkmans, C. J., et al. (2012). The 2007–2010 Q fever epidemic in The Netherlands: characteristics of notified acute Q fever patients and the association with dairy goat farming. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, 64(1), 3-12.
- Doornbos, J. (1987). Verruiming van produktierichtingen in de veehouderij. Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek. <https://edepot.wur.nl/366601>.
- Douhard, F., Friggens, N.C., Tessier, J., Martin, O., Tichit, M., & Sauvant, D. (2013). Characterization of a changing relationship between milk production and liveweight for dairy goats undergoing extended lactation. *Journal of dairy science*, 96(9), 5698-5711. doi:10.3168/jds.2012-6374.
- Douhard, F., Tichit, M., Amer, P.R., & Friggens, N.C. (2014). Synergy between selection for production and longevity and the use of extended lactation: Insights from a resource allocation model in a dairy goat herd. *Journal of Animal Science*, 92(11), 5251-5266. doi:10.2527/jas.2014-7852.
- Duncan, I.J.H. (1998). Behavior and Behavioral Needs. *Poultry Science*, 77(12), 1766-1772. doi:10.1093/ps/77.12.1766.
- Durawo, C. (2016). (Msc thesis) Characterisation of Determinants of Predation of Goats in Communal Production Systems. University of KwaZulu-Natal.
- EC (2016). Attitudes of Europeans towards animal welfare. Special Eurobarometer 442. European Commission.
- EFSA. (2022). Methodological Guidance for the Development of Animal Welfare Mandates in the Context of the Farm to Fork Strategy. *EFSA Journal* 20(7), 1-29.
- Ehrlenbruch, R., Jørgensen, G.H.M., Andersen, I.L., & Bøe, K.E. (2010a). Provision of additional walls in the resting area—The effects on resting behaviour and social interactions in goats. *Applied Animal Behaviour Science*, 122(1), 35-40. doi:10.1016/j.applanim.2009.11.004.
- Ehrlenbruch, R., Pollen, T., Andersen, I.L., & Bøe, K.E. (2010b). Competition for water at feeding time—The effect of increasing number of individuals per water dispenser. *Applied Animal Behaviour Science*, 126(3-4), 105-108. doi:10.1016/j.applanim.2010.06.004.

- Eik, L.O. (1991). Performance of goat kids raised in a non-insulated barn at low temperatures. *Small Ruminant Research*, 4(1), 95-100. doi:10.1016/0921-4488(91)90056-V.
- El Aich, A., El Assouli, N., Fathi, A., Morand-Fehr, P., & Bourbouze, A. (2007). Ingestive behavior of goats grazing in the Southwestern Argan (*Argania spinosa*) forest of Morocco. *Small Ruminant Research*, 70(2-3), 248-256.
- El Sabry, M.I., & Almasri, O. (2023). Stocking density, ambient temperature, and group size affectsocial behavior, productivity and reproductivity of goats- A review. *Tropical Animal Health and Production*, 55(3), 1-9. doi:10.1007/s11250-023-03598-0
- Ellen, H.H., Groenestein, K., & Smits, M. (2007). Emissies uit opslag van vaste mest. Animal Science Group. Rapport 58.
- Elzen, B., & Bos, A.P. (2019). The RIO approach: Design and anchoring of sustainable animal husbandry systems. *Technological Forecasting and Social Change*, 145, 141-152. doi:10.1016/j.techfore.2016.05.023.
- Esfandabad, B.S., Karami, M., Hemami, M.R., Riazi, B., & Sadough, M.B. (2010). Habitat associations of wild goat in central Iran: Implications for conservation. *European Journal of Wildlife Research*, 56(6), 883-894. doi:10.1007/s10344-010-0386-9.
- Estevez, I., Andersen, I.L., & Nævdal, E. (2007). Group size, density and social dynamics in farm animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 103(3-4), 185-204. doi:10.1016/j.applanim.2006.05.025.
- Fader, C. (2002). Ausscheide- und Ruheverhalten von Pferden in Offenlaufstall- und Boxenhaltung.
- Fatet, A., Pellicer-Rubio, M.T., & Leboeuf, B. (2011). Reproductive cycle of goats. *Animal reproduction science*, 124(3-4), 211-219. doi:10.1016/j.anireprosci.2010.08.029.
- Fedele, V., Claps, S., Rubino, R., Calandrelli, M., & Pilla, A.M. (2002). Effect of free-choice and traditional feeding systems on goat feeding behaviour and intake. *Livestock Production Science*, 74(1), 19-31. doi:10.1016/S0301-6226(01)00285-8.
- Fedele, V., Pizzillo, M., Claps, S., Morand-Fehr, P., & Rubino, R. (1993). Grazing behavior and diet selection of goats on native pasture in Southern Italy. *Small Ruminant Research*, 11(4), 305-322. doi:10.1016/0921-4488(93)90002-Y.
- Fernández, M., Alvarez, L., & Zarco, L. (2007). Regrouping in lactating goats increases aggression and decreases milk production. *Small Ruminant Research*, 70(2-3), 228-232.
- Flint, M., & Murray, J.P. (2001). Lot-fed goats — the advantages of using an enriched environment. *Australian journal of experimental agriculture*, 41, 473--473-. doi:10.1071/EAv48n11_PR.
- Fraser, D. (2023). Understanding animal welfare: the science in its cultural context: John Wiley & Sons.
- Frewer, L.J., Kole, A., Kroon, S.M.A.V.d., & De Lauwere, C. (2005). Consumer attitudes towards the development of animal-friendly husbandry systems. *Journal of agricultural and environmental ethics*, 18, 345-367.
- Galindo, B.A., Massender, E., Hermisdorff, I.C., & Schenkel, F.S. (2025). Genome-Wide Association Study for the Capacity to Skip the Dry Period in Dairy Goats. *Agriculture*, 15(6), 622. doi: 10.3390/agriculture15060622.
- Garner, R. (2016). Political animals: Animal protection politics in Britain and the United States: Springer.
- Geelen, L., Boers, D., Brunekreef, B., & Wouters, I. (2015). Geurhinder van veehouderij nader onderzocht: meer hinder dan Handreiking Wgv doet vermoeden. Bureau Gezondheid, Milieu & Veiligheid GGD'en Brabant/Zeeland en Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht, Tilburg, 23.
- Gezondheidsraad (2025). Gezondheidsrisico's rond veehouderijen 2025: deel I. Den Haag: Gezondheidsraad 2025; publicatienr. 2025/12. file.
- Gilhespy, S.L., Webb, J., Chadwick, D.R., Misselbrook, T.H., Kay, R., Camp, V., et al. (2009). Will additional straw bedding in buildings housing cattle and pigs reduce ammonia emissions? *Biosystems Engineering*, 102(2), 180-189.
- Giger-Reverdin, S., & Gihad, E.A. (1991). Water metabolism and intake in goats. In P. Morand-Fehr (Ed.), (EAAP Publi ed., pp. 37-45). Wageningen: Wageningen Pudoc.
- Giger-Reverdin, S., Morand-Fehr, P., & Sauvant, D. (2011). Water intake of dairy goats in intensive systems. Journal article (Conference paper): Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens, 2011, No. No.99, 233-237 ref. 13. Conference title: Challenging strategies to promote the sheep and goat sector in the current global context. 13th Seminar of the FAO-CIHEAM Sub-Network on Sheep and Goat Nutrition, León, Spain, 14-16 October 2009.
- Giger-Reverdin, S., & Sauvant, D. (1991). Evaluation and utilization of concentrates in goats. In P. Morand-Fehr (Ed.), (EAAP Public ed., pp. 172-193). Wageningen: Wageningen Pudoc.

- Goenee, C., & Le Goff, C. (2003). *Houden van Hennen: Articulatie maatschappelijke ideaalbeelden leghennenhouderij*. Leiden.
- Goetsch, A.L., Detweiler, G., Sahlu, T., & Dawson, L.J. (2001). Effects of different management practices on preweaning and early postweaning growth of Alpine kids. *Small Ruminant Research*, 41(2), 109-116. doi:10.1016/S0921-4488(01)00207-3.
- Gomes, K.A.R., Valentim, J.K., Lemke, S.S.R., Dallago, G.M., Vargas, R.C., & Paiva, A.L.d.C. (2018). Behavior of saanen dairy goats in an enriched environment. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 40, 1-5. doi:10.4025/actascianimsci.v40i1.42454.
- Gonzalez-Soriano, J., Mayayo-Vicente, S., Martinez-Sainz, P., Contreras-Rodriguez, J., & Rodríguez-Veiga, E. (1997). A quantitative study of ganglion cells in the goat retina. *Anatomia Histologia Embryologia*, 26(1), 39-44. doi:10.1111/j.1439-0264.1997.tb00101.x.
- Groenestein, C.M. (2006). (PhD thesis) Environmental aspects of improving sow welfare with group housing and straw bedding. Wageningen University and Research.
- Groenestein, C.M., Den Hartog, L.A., & Metz, J.H.M. (2006). Potential ammonia emissions from straw bedding, slurry pit and concrete floors in a group-housing system for sows. *Biosystems Engineering*, 95(2), 235-243.
- Groenestein, C.M., & Huis in 't Veld, J. (1994). Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XV: potstal voor zoogkoeien. Dienst Landbouwkundig Onderzoek. Rapport 94-1006.
- Groenestein, C.M., Huijsmans, J.F.M., & Schils, R.L.M. (2010). Emissies van broeikasgassen, ammoniak, fijn stof en geur in de mestketen. Wageningen UR Livestock Research. Rapport 248.
- Groenestein, C.M., Goedhart, P.W., van Bruggen, C., De Jonge, I., & Ogink, N. (2023). Schatting van stikstofverliezen uit stallen op basis van de stikstof-fosfaat verhouding in afgevoerde mest: Evaluatie van de NP-methode en effect van staltype. Wageningen Livestock Research, Rapport 1426.
- Groenestein, C.M., Mosquera, J., & Melse, R. (2016). Methaanemissie uit mest: schatters voor biochemisch methaan potentieel (BMP) en methaanconversiefactor (MCF). Wageningen Livestock Research. Rapport 961.
- Groenestein, C.M., & Van Faassen, H.G. (1996). Volatilization of ammonia, nitrous oxide and nitric oxide in deep-litter systems for fattening pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65(4), 269-274.
- Groot Koerkamp, P.W.G., & Bos, A.P. (2008). Designing complex and sustainable agricultural production systems; an integrated and reflexive approach for the case of table egg production in the Netherlands. *NJAS - Wageningen journal of life sciences*, 55(2), 113-138. doi:10.1016/S1573-5214(08)80032-2.
- Grosso, L., Battini, M., Wemelsfelder, F., Barbieri, S., Minero, M., Dalla Costa, E., & Mattiello, S. (2016). On-farm Qualitative Behaviour Assessment of dairy goats in different housing conditions. *Applied Animal Behaviour Science*, 180, 51-57. doi:10.1016/j.applanim.2016.04.013.
- Guo, J., Jiang, R., Mao, A., Liu, G. E., Zhan, S., Li, L., et al. (2022). Correction to: Genome-wide association study reveals 14 new SNPs and confirms two structural variants highly associated with the horned/polled phenotype in goats (*BMC Genomics*, (2021), 22, 1, (769), 10.1186/s12864-021-08089-w). *BMC Genomics*, 23(1), 1-10. doi:10.1186/s12864-022-08361-7.
- Gupta, M., & Mondal, T. (2021). Heat stress and thermoregulatory responses of goats: a review. *Biological Rhythm Research*, 52(3), 407-433. doi:10.1080/09291016.2019.1603692.
- Habtewold, J., Gordon, R., Sokolov, V., VanderZaag, A., Wagner-Riddle, C., & Dunfield, K. (2018). Reduction in Methane Emissions From Acidified Dairy Slurry Is Related to Inhibition of Methanosarcina Species. *Frontiers in Microbiology*, 8. doi:10.3389/fmicb.2018.02806.
- Hamel, S., & Côté, S. D. (2008). Trade-offs in activity budget in an alpine ungulate: contrasting lactating and nonlactating females. *Animal Behaviour*, 75(1), 217-227. doi:10.1016/j.anbehav.2007.04.028.
- Hao, X., Chang, C., Larney, F. J., & Travis, G. R. (2001). Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting. *Journal of Environmental Quality*, 30(2), 376-386. doi:10.2134/jeq2001.302376x.
- Hart, B. L., & Pryor, P.A. (2004). Developmental and hair-coat determinants of grooming behaviour in goats and sheep. *Animal Behaviour*, 67(1), 11-19. doi:10.1016/j.anbehav.2003.01.002.
- Hartmann, E., Högberg, M., Olsson, K. & Dahlborn (2021). Physiological and behavioural responses of Swedish domestic goats and their kids (*Capra hircus*) to 15 days of heat exposure. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 70(1), 41-49. doi:10.1080/09064702.2020.1869817.
- Haynes, R.P. (2011). Competing Conceptions of Animal Welfare and Their Ethical Implications for the Treatment of Non-Human Animals. *Acta Biotheoretica*, 59(2), 105-120. doi:10.1007/s10441-011-9124-2.

-
- Heisey, S.R., Adams, T., Hofman, W., & Riegler, G. (1971). Thermally induced respiratory responses of the unanesthetized goat. *Respiration Physiology*, 11(2), 145-151. doi:10.1016/0034-5687(71)90019-3.
- Hekkenberg, M., & Koelemeijer, R. (2018). Analyse afspraken klimaatakkoord: Startnotitie. Planbureau voor de Leefomgeving, PBL-publicatienummer: 3168.
- Hempstead, M.N., Waas, J.R., Stewart, M., Cave, V.M., & Sutherland, M.A. (2017). Behavioural response of dairy goat kids to cautery disbudding. *Applied Animal Behaviour Science*, 194(March), 42-47. doi:10.1016/j.applanim.2017.04.001.
- Hempstead, M.N., Waas, J.R., Stewart, M., Sutherland, M.A., Fowler, J.L., & Plummer, P.J. (2019). Best-practice recommendations for disbudding dairy goat kids. *AABP Proceedings*, 52(2), 192-195. doi:10.21423/aabppro20197135.
- Hersher, L. (1969). Maternal deprivation in goats. *Developmental Psychology*, 1(2), 95-101. doi:10.1037/h0026979.
- Hoeksma, P., Mosquera, J., & Melse, R.W. (2012). Monitoring methane and nitrous oxide reduction by manure treatment. Wageningen UR Livestock Research. Report 627.
- Hofmann, R.R. (1989). Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78(4), 443-457. doi:10.1007/BF00378733.
- Holm, L., Jensen, M.B., & Jeppesen, L.L. (2002). Calves' motivation for access to two different types of social contact measured by operant conditioning. *Applied Animal Behaviour Science*, 79(3), 175-194. doi:10.1016/S0168-1591(02)00137-5.
- Holt, R.V. (2018). (Msc thesis) The effects of environmental enrichments, group size and confinement length on play behaviour in juvenile Norwegian dairy goats (*Capra hircus*). Faculty of Biosciences, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- Holt, C., & Pickles, G. (1996). Home range responses of feral goats. *The Rangeland Journal*, 18(1), 144-149.
- Hooper, H. B. (2019). (PhD thesis) Physiological implications, cellular responses and lactational performance of Saanen goats under heat stress. Universidade de São Paulo.
- Hopster, H., Werf, J.T.N.v.d., & Blokhuis, H.J. (1998). Side preference of dairy cows in the milking parlour and its effects on behaviour and heart rate during milking. *Applied Animal Behaviour Science*, 55(3), 213-229. doi:10.1016/S0168-1591(97)00064-6.
- Hoste, H., Leveque, H., & Dorciches, P. (2001). Comparison of nematode infections of the gastrointestinal tract in Angora and dairy goats in a rangeland environment: Relations with the feeding behaviour. *Veterinary Parasitology*, 101(2), 127-135. doi:10.1016/S0304-4017(01)00510-6.
- Hoste, H., Sotiraki, S., & Torres-Acosta, J.F.d.J. (2011). Control of Endoparasitic Nematode Infections in Goats. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, 27(1), 163-173. doi:10.1016/j.cvfa.2010.10.008.
- Hou, Y., Velthof, G.L., & Oenema, O. (2015). Mitigation of ammonia, nitrous oxide and methane emissions from manure management chains: a meta-analysis and integrated assessment. *Global change biology*, 21(3), 1293-1312.
- Howard, A., Botlaguduru, V.S.V., Du, H., Kommalapati, R.R., & Huque, Z. (2019). Measurements and comparative air quality analysis of a goat farm operation. *Transactions of the ASAE*, 62(6), 1723-1733. doi:10.13031/trans.13344.
- Hughes, B.O., & Duncan, I.J.H. (1988). The notion of ethological 'need', models of motivation and animal welfare. *Animal Behaviour*, 36(6), 1696-1707. doi:10.1016/S0003-3472(88)80110-6.
- Huis in 't Veld, J.W.H., Evers, E., & Mol, G. (2002). Onderzoek naar de ammoniak-en geuremissie van stallen LVII: natuurlijk geventileerde potstal voor melkgeiten. Wageningen: IMAG.
- Iepema, G., Buurke, L., & Cornelissen, J. (2006). Lammeren bij de geit Een inventarisatie van de mogelijkheden. Louis Bolk Instituut. Rapport 5.
- Ijzermans, C.J., Smit, L.A.M., Heederik, D.J.J., Hagenaars, T.J., Baliatsas, C., Dückers, M., et al. (2018). Veehouderij en gezondheid omwonenden III: longontsteking in de nabijheid van geiten-en pluimveehouderijen; actualisering van gegevens uit huisartspraktijken 2014-2016. Nivel.
- IPCC (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change. UN environmental programme.
- Jackson, R.B., Saunio, M., Bousquet, P., Canadell, J.G., Poulter, B., Stavert, A.R., et al. (2020). Increasing anthropogenic methane emissions arise equally from agricultural and fossil fuel sources. *Environmental Research Letters*, 15(7), 071002.
- Jacobs, G.H., Deegan 2nd, J.F., & Neitz, J. (1998). Photopigment basis for dichromatic color vision in cows, goats, and sheep. *Visual Neuroscience*, 15(3), 581-584. doi:10.1017/s0952523898153154.

- Jensen, P., & Toates, F.M. (1993). Who needs 'behavioural needs'? Motivational aspects of the needs of animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 37(2), 161-181. doi:10.1016/0168-1591(93)90108-2.
- Jensen, M.B., Vestergaard, K.S., & Krohn, C.C. (1998). Play behaviour in dairy calves kept in pens: the effect of social contact and space allowance. *Applied Animal Behaviour Science*, 56(2-4), 97-108.
- Jeppsson, K.H. (1999). Volatilization of ammonia in deep-litter systems with different bedding materials for young cattle. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73(1), 49-57.
- Jørgensen, G.H.M., Andersen, I.L., & Bøe, K.E. (2007). Feed intake and social interactions in dairy goats-The effects of feeding space and type of roughage. *Applied Animal Behaviour Science*, 107(3-4), 239-251. doi:10.1016/j.applanim.2006.10.007
- Kakuma, Y., Takeuchi, Y., Mori, Y., & Hart, B.L. (2003). Hormonal control of grooming behavior in domestic goats. *Physiology and Behavior*, 78(1), 61-66. doi:10.1016/S0031-9384(02)00942-3.
- Kannan, G., Estrada-Reyes, Z.M., Batchu, P., Kouakou, B., Terrill, T.H., & Naldurtiker, A. (2021). Social isolation of goats: Significance of visual contact with conspecifics on behavioral and physiological responses. *Journal of Animal Science*, 99(6), 1-13. doi:10.1093/jas/skab150.
- Kasper, G.J., Blanken, K., & Bokma, S. (2010). De urease-activiteit van Comfort Slat Mats in vergelijking met betonrooster in rundveestallen. Wageningen UR Livestock Research. Rapport 390.
- Kata, C.I., Rowland, S., & Goldberg, M. E. (2015). Pain recognition in companion species, horses, and livestock. In M.E. Goldberg & N. Shaffran (Eds.), *Pain Management for Veterinary Technicians and Nurses* (pp. 15-29). John Wiley & Sons, Inc.
- Kenrick, D.T., Griskevicius, V., Neuberg, S.L., & Schaller, M. (2010). Contemporary Extensions Built Upon Ancient Foundations. *Perspectives on Psychological Science*, 5(3), 292-314. doi: 10.1177/1745691610369469.
- Khan, A., Sasidharan, T.O., & Ghosh, P.K. (1979). Water regulation in Barmer goat of the Rajasthan desert. *Experientia*, 35, 1185-1186.
- Kiddle, J.G. (2021). (Msc thesis) Play behaviour in domestic goat kids: the influences of flooring surface and heat supplementation , and potential implications for welfare. The University of Waikato.
- King, D. (1992). Home ranges of feral goats in a pastoral area in Western Australia. *Wildlife Research*, 19(6), 643-649.
- Kirchmann, H., & Witter, E. (1989). Ammonia volatilization during aerobic and anaerobic manure decomposition. *Plant and Soil*, 115, 35-41.
- Kirkden, R.D., Edwards, J.S.S., & Broom, D.M. (2003). A theoretical comparison of the consumer surplus and the elasticities of demand as measures of motivational strength. *Animal Behaviour*, 65(1), 157-178. doi:10.1006/anbe.2002.2035.
- Klopfer, P.H. (1971). Mother love: what turns it on? Studies of maternal arousal and attachment in ungulates may have implications for man. *American Scientist*, 59(4), 404-407.
- Koch, H.G. (1988). Suitability of white-tailed deer, cattle, and goats as hosts for the lone star tick, *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 251-257.
- Korte, S.M., Koolhaas, J.M., Wingfield, J.C., & McEwen, B.S. (2005). The Darwinian concept of stress: benefits of allostasis and costs of allostatic load and the trade-offs in health and disease. *Neurosci Biobehav Rev.*, 29(1), 3-38. doi:10.1016/j.neubiorev.2004.08.009.
- Korum, A.L., Röcklinsberg, H., & Gjerris, M. (2017). The concept of behavioural needs in contemporary fur science: do we know what American mink (*Mustela vison*) really need? *Animal Welfare*, 26, 151-164.
- Krachun, C., Rushen, J., & De Passillé, A.M. (2010). Play behaviour in dairy calves is reduced by weaning and by a low energy intake. *Applied Animal Behaviour Science*, 122(2-4), 71-76. doi:10.1016/j.applanim.2009.12.002.
- Krishna, A. (2012). An integrative review of sensory marketing: Engaging the senses to affect perception, judgment and behavior. *Journal of Consumer Psychology*, 22(3), 332-351.
- Lachica, M.M., Lachica, M., Somlo, R., & Prieto, C. (1999). Goats locomotion energy expenditure under range grazing conditions: seasonal variation. *Journal of Range Management*, 52(6), 431-435. doi:10.2307/4003768.
- Langbein, J., Siebert, K., & Nürnberg, G. (2009). On the use of an automated learning device by group-housed dwarf goats: Do goats seek cognitive challenges? *Applied Animal Behaviour Science*, 120(3-4), 150-158. doi:10.1016/j.applanim.2009.07.006.
- Lassen, J., Sandøe, P., & Forkman, B. (2006). Happy pigs are dirty!—conflicting perspectives on animal welfare. *Livestock Science*, 103(3), 221-230.

-
- Leenstra, F., Rommers, J., Koene, P., Ruis, M., Schuiling, H., & Verkaik, J. (2009). Ongerief bij konijnen, kalkoenen, eenden, schapen en geiten; inventarisatie en prioritering. Animal Science Group Wageningen UR. Rapport 160.
- Lemes, Y.M., Nyord, T., Feilberg, A., & Kamp, J.N. (2023). Effect of covering deep litter stockpiles on methane and ammonia emissions analyzed by an inverse dispersion method. *ACS Agricultural Science & Technology*, 3(5), 399-412.
- Lickliter, R. E. (1985). Behavior associated with parturition in the domestic goat. *Applied Animal Behaviour Science*, 13(4), 335-345. doi:10.1016/0168-1591(85)90013-9
- Lickliter, R.E. (1987). Activity patterns and companion preferences of domestic goat kids. *Applied Animal Behaviour Science*, 19(1-2), 137-145. doi:10.1016/0168-1591(87)90210-3.
- Lievaart-Peterson, K. (2013). Paratuberculose in de melkgeitenhouderij. GD, Divisie Herkauwers, Sector Kleine Herkauwers.
- Lievaart-Peterson, K., Bokma-Bakker, M., Luttikholt, S., Koets, A., Weber, M., Vellema, P., & Antonis, A. (2017). Paratuberculose in (melk)geiten: nieuwe inzichten en praktische handvatten. Gezondheidsdienst voor Dieren, Faculteit Diergeneeskunde (Universiteit Utrecht), Wageningen Bioveterinary Research en Wageningen Livestock Research.
- Lima, A.R.C., Fernandes, M.H.M.d.R., Silveira, R.F., Biagioli, B., Teixeira, I.A.M.d.A., & Resende, K.T.d. (2020). Energy expenditure of Saanen and Anglo-Nubian goats at different temperatures. *Small Ruminant Research*, 193(October). doi:10.1016/j.smallrumres.2020.106256.
- Lima, A.R.C., Silveira, R.M.F., Castro, M.S.M., Vecchi, L.B.D., Bahia, A.S.R.d.S., Melo, T.P.d., et al. (2022). Relationship between thermal environment, thermoregulatory responses and energy metabolism in goats: A comprehensive review. *Journal of Thermal Biology*, 109(January). doi:10.1016/j.jtherbio.2022.103324.
- Lindberg, A.C. (2001). Group life. In L. Keeling & H. W. Gonyou (Eds.), (pp. 37-58): CABI publishing.
- Lindström, T. (2000). (Doctoral thesis) Feeding behaviour in dairy cows; Motivativation aspects. Swedish University of Agricultural Sciences.
- LNV. (2021). 7e Nederlandse actieprogramma betreffende de Nitraatrichting (2022-2025). Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit; Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- LNV. (2022). Programma Stikstofreductie en Natuurverbetering 2022-2035. Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur.
- Loretz, C., Wechsler, B., Hauser, R., & Rüsch, P. (2004). A comparison of space requirements of horned and hornless goats at the feed barrier and in the lying area. *Applied Animal Behaviour Science*, 87(3-4), 275-283.
- Loyon, L. (2018). Overview of animal manure management for beef, pig, and poultry farms in France. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2, 36.
- Lu, C.D. (1987). Implication of Forage Particle Length on Chewing Activities and Milk Production in Dairy Goats. *Journal of dairy science*, 70(7), 1411-1416. doi:10.3168/jds.S0022-0302(87)80163-7.
- Lu, C.D. (1989). Effects of heat stress on goat production. *Small Ruminant Research*, 2(2), 151-162. doi:10.1016/0921-4488(89)90040-0.
- Lyons, D.M. (1989). Individual differences in temperament of dairy goats and the inhibition of milk ejection. *Applied Animal Behaviour Science*, 22(3-4), 269-282. doi:10.1016/0168-1591(89)90022-1
- Lyons, D.M., & Price, E.O. (1987). Relationships between heart rates and behavior of goats in encounters with people. *Applied Animal Behaviour Science*, 18(3-4), 363-369. doi:10.1016/0168-1591(87)90230-9.
- Ma, C., Dalby, F.R., Feilberg, A., Jacobsen, B.H., & Petersen, S.O. (2022). Low-Dose Acidification as a Methane Mitigation Strategy for Manure Management. *Agricultural Science & Technology*, 2, 437-442. doi:10.1021/acsagascitech.2c00034.
- Maasdam, E., Daatselaar, C., Oonk, H., Bondt, N., Jansen, L., & Kroes, K. (2024). Methaanoxidatie bij mestopslagen; Voortgangsverslag deel 1: werking en aandachtspunten voor 3 methaanoxidatie technieken. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1472.
- Madsen, A., & de Silva, S. (2024). Societies with fission-fusion dynamics as complex adaptive systems: the importance of scale. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 379(1909), 20230175-20230175. doi:10.1098/rstb.2023.0175.
- Mahdinia, M., Adeli, S.H., Mohammadbeigi, A., Heidari, H., Ghamari, F., & Soltanzadeh, A. (2020). Respiratory Disorders Resulting From Exposure to Low Concentrations of Ammonia: A 5-Year Historical Cohort Study. *J Occup Environ Med.*, 62(8), e431-e435. doi:10.1097/JOM.0000000000001932.

- Mandel, R., Whay, H.R., Klement, E., & Nicol, C.J. (2016). Invited review: Environmental enrichment of dairy cows and calves in indoor housing. *Journal of dairy science*, 99(3), 1695-1715. doi:10.3168/jds.2015-9875
- Massé, D.I., Jarret, G., Hassanat, F., Benchaar, C., & Cata Saady, N.M. (2016). Effect of increasing levels of corn silage in an alfalfa-based dairy cow diet and of manure management practices on manure fugitive methane emissions. *agriculture, Ecosystems and Environment*, 221, 109-114. doi:10.1016/j.agee.2016.01.018.
- Mathews, J.A. (2002). Competitive advantages of the latecomer firm: A resource-based account of industrial catch-up strategies. *Asia Pacific journal of management*, 19, 467-488.
- Mattiello, S., & Battini, M. (2024). *The Welfare of Goats*. Springer International Publishing AG.
- Mattiello, S., Battini, M., De Rosa, G., Napolitano, F., & Dwyer, C. (2019). How can we assess positive welfare in ruminants? *Animals*, 9(10), 758.
- Maurmann, I., & Bernau, M. (2023). Circadian Lying Behaviour Assessed in a Commercial Mixed Horned Dairy Goat Herd. *Ruminants*, 3(2), 111-120. doi:10.3390/ruminants3020010.
- Mayer, C., Barth, K., & Kjaer, J. (2006). Liegeflächenqualität in Liegenischen für Milchziegen: Strohmatratze oder Holzboden. *KTBL-Schrift*, 448, 241-245.
- McDougall, P.T. (1975). The feral goats of Kielderhead Moor. *Journal of Zoology*, 176(2), 215-246. doi:10.1111/j.1469-7998.1975.tb03194.x.
- Meijer, E., Goerlich, V.C., Brom, R.v.d., Giersberg, M.F., Arndt, S.S., & Rodenburg, T.B. (2021). Perspectives for Buck Kids in Dairy Goat Farming. *Frontiers in Veterinary Science*, 8(October), 1-11. doi:10.3389/fvets.2021.662102.
- Mellor, D.J. (2016). Updating animalwelfare thinking: Moving beyond the "five freedoms" towards "A lifeworthy living". *Animals*, 6(3). doi:10.3390/ani6030021.
- Melse, R.W., De Sauvage, G.J., & Roest, H.I.J. (2010). Bepaling van de optredende temperaturen bij tunnelcompostering van geitenmest. Wageningen Livestock Research; Epidemiology, Bio-informatics & Animal models. Rapportnummer: 10/CVI0280.
- Mench, J.A. (1998). Thirty Years After Brambell: Whither Animal Welfare Science? *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 1(2), 91-102. doi:10.1207/s15327604jaws0102_1
- Mendl, M., & Held, S. (2001). Living in groups: an evolutionary perspective. In L. Keeling & H. W. Gonyou (Eds.), *Social Behaviour in Farm Animals* (pp. 7-36): CABI publishing.
- Menzies, P., Bauman, C., Uehlinger, F., Zobel, G., Moggy, M., & Kerkvliet, P. (2020). Code of practice for the care and handling of goats: Review of scientific research on priority issues. National Farm Animal Care Council. https://www.nfacc.ca/resources/codes-of-practice/equine/Equine_SCReport_Aug23.pdf.
- Meyer, S., Puppe, B., & Langbabein, J. (2010). Kognitive Umweltanreicherung bei Zoo- und Nutztieren - Implikationen für Verhalten und Wohlbefinden der Tiere. *Berliner und Muenchener Tieraerztliche Wochenschrift*, 123(11/12), 446-456.
- Miranda-de la Lama, G.C., & Mattiello, S. (2010). The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming. *Small Ruminant Research*, 90(1-3), 1-10. doi:10.1016/j.smallrumres.2010.01.006
- Møller, H.B., Sommer, S.G., & Ahring, B.K. (2004). Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass and bioenergy*, 26(5), 485-495.
- Monteny, G.J., & Erisman, J.W. (1998). Ammonia emission from dairy cow buildings: a review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 46, 225-247.
- Monteny, G.J., Schulte, D.D., Elzing, A., & Lamaker, E.J.J. (1998). A conceptual mechanistic model for the ammonia emissions from free stall cubicle dairy cow houses. *Transactions of the ASAE*, 41(1), 193-201.
- Mooring, M.S., Gavazzi, A.J., & Hart, B.L. (1998). Effects of castration on grooming in goats. *Physiology and Behavior*, 64(5), 707-713. doi:10.1016/S0031-9384(98)00130-9.
- Morand-Fehr, P. (2003). Dietary choices of goats at the trough. *Small Ruminant Research*, 49(3), 231-239. doi:10.1016/S0921-4488(03)00141-X.
- Morand-Fehr, P., Owen, E., & Giger-Reverdin, S. (1991). Feeding behaviour of goats at the trough. In P. Morand-Fehr (Ed.), (EAAP Publi ed., pp. 3-12). Wageningen: Wageningen Pudoc.
- Mosquera, J., Goselink, Y., van Valkengoed, P. H. R., & Hol, J. M. G. (2025). Stalemissie van ammoniak, methaan, lachgas, geur en PM10: Resultaten van praktijkmetingen in stallen voor jongvee, blankvleeskalveren, rosé vleeskalveren, geiten, biggen, vleesvarkens en dragende zeugen. Wageningen Livestock Research, Rapport 1512. doi:10.18174/674362.

- Mosquera, J., Hol, J., & Huis in 't Veld, J. (2005). Onderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee I: Stal. Agrotechnology & Food Innovations B.V. Wageningen UR, Rapport 324.
- Mosquera, J., Hol, J., & Monteny, G. (2006). Gaseous emissions from a deep litter farming system for dairy cattle. *International Congress Series*, 1293, 291-294. doi:10.1016/j.ics.2006.02.041.
- Mosquera, J., Hol, J.M.G., & Groenestein, C.M. (2012). Emissies uit de biologische veehouderij: processen en factoren. Wageningen UR Livestock Research, Rapport 584.
- Mosquera, J., Van Dooren, H. J. C., Hol, J.M.G., Ploegaert, J.P.M., & Ogink, N.W.M. (2022). Monitoring van methaan-, ammoniak- en lachgasemissies uit twee natuurlijk geventileerde geitenstallen: Praktijkmetingen in de periode oktober 2018-oktober 2020. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1378.
- Mosquera, J., Van Hattum, T., Nijeboer, G.M., Hol, J.M.G., van Dooren, H.J., & Bokma, S. (2019). Ammonia and odour emission from a veal calves housing system with V-shaped manure belt and 'Groene Vlag' slatted floor. Wageningen Livestock Research, Report 1171.
- Muggenthaler, K., Zeitler-Feicht, M.H., Mühlbauer, A. C., Kilian, E., & Reiter, K. (2010). Sägespäne versus Liegematten - Untersuchungen zum Ausruhm- und Ausscheideverhalten von Pferden in der Liegefehle von Mehrraumausstallungen mit Auslauf. *KTBL-Schrift*, 482, 581-592.
- Nawroth, C. (2017). Invited review: Socio-cognitive capacities of goats and their impact on human-animal interactions. *Small Ruminant Research*, 150, 70-75. doi:10.1016/j.smallrumres.2017.03.005.
- Nawroth, C., Baciadonna, L., & McElligott, A.G. (2016). Goats learn socially from humans in a spatial problem-solving task. *Animal Behaviour*, 121, 123-129.
- Nawroth, C., Prentice, P.M., & McElligott, A.G. (2017). Individual personality differences in goats predict their performance in visual learning and non-associative cognitive tasks. *Behavioural Processes*, 134, 43-53. doi:10.1016/j.beproc.2016.08.001.
- Nawroth, C., Rosenberger, K., Keil, N.M., & Langbein, J. (2022). Goats (*Capra hircus*) From Different Selection Lines Differ in Their Behavioural Flexibility. *Frontiers in Psychology*, 12(February), 1-7. doi:10.3389/fpsyg.2021.796464.
- Negretti, P., Bianconi, G., Meo Zilio, D., Noè, L., Bartocci, S., Di Giovanni, S., & Terramoccia, S. (2020). Effect of additional outdoor yard on behaviour of lactating domestic goats (*Capra hircus*) in different seasons. *Journal of Ethology*, 38(1), 61-69. doi:10.1007/s10164-019-00623-4.
- NFACC (2022). Code of practice for the care and handling of goats. The National Farm Animal Care Council. Canadian National Goat Federation.
- NGZO. (2025). Handboek Kwaliteit; Protocol 2025. In. Den Haag: Nederlandse Geiten Zuivel Organisatie (NGZO).
- Nicks, B., Laitat, M., Farnir, F., Vandenheede, M., Desiron, A., Verhaeghe, C., & Canart, B. (2004). Gaseous emissions from deep-litter pens with straw or sawdust for fattening pigs. *Animal Science*, 78(1), 99-107.
- Nijdam, R., Dusseldorp, A., Elders-Meijerink, M., Jacobs, P., Maassen, C. B. M., van der Lelie, S., et al. (2020). GGD-richtlijn medische milieukunde: Veehouderij en gezondheid.
- Nordmann, E., Keil, N.M., Schmied-Wagner, C., Graml, C., Langbein, J., Aschwanden, J., et al. (2011). Feed barrier design affects behaviour and physiology in goats. *Applied Animal Behaviour Science*, 133(1-2), 40-53. doi:10.1016/j.applanim.2011.04.016.
- NRC (2007). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Research Council (NRC). Washington (DC): The National Academy Press. doi:10.17226/11654.
- O'Brien, P.H. (1983). Feral goat parturition and lying-out sites: spatial, physical and meteorological characteristics. *Applied Animal Ethology*, 10(4), 325-339. doi:10.1016/0304-3762(83)90183-9.
- O'Brien, P.H. (1984). Feral goat home range: Influence of social class and environmental variables. *Applied Animal Behaviour Science*, 12(4), 373-385. doi:10.1016/0168-1591(84)90129-1.
- O'Brien, P.H. (1988). Feral goat social organization: A review and comparative analysis. *Applied Animal Behaviour Science*, 21(3), 209-221. doi:10.1016/0168-1591(88)90110-4.
- Oosterwind, S., Nürnberg, G., Puppe, B., & Langbein, J. (2016). Impact of structural and cognitive enrichment on the learning performance, behavior and physiology of dwarf goats (*Capra aegagrus hircus*). *Applied Animal Behaviour Science*, 177, 34-41. doi:10.1016/j.applanim.2016.01.006.
- Olsson, K., Josäter-Hermelin, M., Hossaini-Hilali, J., Hydbring, E., & Dahlborn, K. (1995). Heat stress causes excessive drinking in fed and food deprived pregnant goats. *Comparative Biochemistry and Physiology -- Part A: Physiology*, 110(4), 309-317. doi:10.1016/0300-9629(94)00186-W.

- Ottosen, L.D.M., Poulsen, H.V., Nielsen, D.A., Finster, K., Nielsen, L.P., & Revsbech, N.P. (2009). Observations on microbial activity in acidified pig slurry. *Biosystems Engineering*, 102(3), 291-297. doi:10.1016/j.biosystemseng.2008.12.003.
- Ouweltjes, W., Verkaik, J.C., & Hopster, H. (2020). Vroege sterfte bij kalveren, biggen en geitenlammeren; Percentages, oorzaken en mogelijkheden tot reductie. Wageningen Livestock Research, Rapport 1182.
- Pandey, A.N. (1980). Vegetation and bovine population interactions in the Savanna grazing lands of Chandraprabha sanctuary, Varanasi 1. seasonal behaviour of grazing lands [India]. *Tropical Ecology (India)*, 21(1).
- Patt, A., Gygax, L., Wechsler, B., Hillmann, E., Palme, R., & Keil, N.M. (2012). The introduction of individual goats into small established groups has serious negative effects on the introduced goat but not on resident goats. *Applied Animal Behaviour Science*, 138(1-2), 47-59.
- Patt, A., Gygax, L., Wechsler, B., Hillmann, E., Palme, R., & Keil, N.M. (2013). Behavioural and physiological reactions of goats confronted with an unfamiliar group either when alone or with two peers. *Applied Animal Behaviour Science*, 146(1-4), 56-65. doi:10.1016/j.applanim.2013.03.009.
- PBL, TNO, CBS, & RIVM (2022). *Klimaat- en energieverkenning 2022*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- PBL, TNO, CBS, & RIVM (2023). *Klimaat- en Energieverkenning 2023: Ramingen van broeikasgasemissies, energiebesparing en hernieuwbare energie op hoofdlijnen*. Retrieved from Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Pellegrini, A.D., Dupuis, D., & Smith, P.K. (2007). Play in evolution and development. *Developmental Review*, 27(2), 261-276. doi:10.1016/j.dr.2006.09.001.
- Petersen, S.O., Andersen, A.J., & Eriksen, J. (2012). Effects of Cattle Slurry Acidification on Ammonia and Methane Evolution during Storage. *Journal of Environmental Quality*, 41(1), 88-94. doi:10.2134/jeq2011.0184.
- Philippe, F.-X., Laitat, M., Canart, B., Vandenheede, M., & Nicks, B. (2007). Comparison of ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs, kept either on fully slatted floor or on deep litter. *Livestock Science*, 111(1-2), 144-152.
- Pijlman, J., Timmermans, B., Monteny, G.-J., & de Wi, J. (2018). *Strooiselstalsystemen: ammoniak en andere emissies, dierwelzijn en mestkwaliteit*. Louis Bolk Instituut. Publicatienummer 2018-027 LbD.
- Pickering, S.P.C. (1983). (PhD thesis) Aspects of the behavioural ecology of feral goats (*Capra (domestic)*). Durham theses, Durham University.
- Poindron, P., Gilling, G., Hernandez, H., Serafin, N., & Terrazas, A. (2003). Early recognition of newborn goat kids by their mother: I. Nonolfactory discrimination. *Developmental Psychobiology*, 43(2), 82-89. doi:10.1002/dev.10123.
- Poindron, P., Terrazas, A., Montes De Oca, M.d.l.L., Serafín, N. & Hernández, H. (2007). Sensory and Physiological Determinants of Maternal Behavior in the Goat (*Capra Hircus*). *Horm Behav.*, 52(1), 99-105. doi:10.1016/j.yhbeh.2007.03.023.
- Price, E.O., & Thos, J. (1980). Behavioral responses to short-term social isolation in sheep and goats. *Applied Animal Ethology*, 6(4), 331-339.
- Provenza, F.D., Villalba, J.J., Dziba, L.E., Atwood, S.B., & Banner, R.E. (2003). Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Small Ruminant Research*, 49(3), 257-274. doi:10.1016/S0921-4488(03)00143-3.
- Puente-Rodríguez, D., & Bos, A.P. (2019). Environmental Dairy Design for 2020 (EDD20): Ontwerpen voor huisvestingssystemen van melkvee met lage ammoniakemissie. Wageningen Livestock Research, Rapport 1162).
- Puente-Rodríguez, D., Bos, A.P., & Groot Koerkamp, P.W.G. (2019). Rethinking livestock production systems on the Galápagos Islands: Organizing knowledge-practice interfaces through reflexive interactive design. *Environmental Science & Policy*, 101, 166-174. doi:10.1016/j.envsci.2019.08.019.
- Puente-Rodríguez, D., Bos, A.P., & Vonk, J. (2023). Milieutechnologieën in de melkveehouderij tegen klimaatverandering; Testen en bemeten van (bijna) praktijkrijpe combinaties van technieken om methaanemissie uit mest in bestaande melkveestallen te verminderen. Wageningen Livestock Research, Rapport 1419.
- Puente-Rodríguez, D., Gollenbeek, L.R., Verdoes, N., & Bos, A.P. (2022). Perspectief van het aanzuren van mest in Nederland om methaan- en ammoniakemissie te reduceren. Wageningen Livestock Research, Rapport 1375.

- Puente-Rodríguez, D., Vonk, J., Bos, A.P., Maasdam, E., & Aarnink, A.J.A. (2024). Mest koelen tegen het opwarmen van de aarde; 'Mest koelen 1.0 + 2.0' en 'extern mest koelen' om de methaanemissie (en ammoniakemissie) in de melkveehouderij te reduceren. Wageningen Livestock Research, Rapport 1486.
- Raaijmakers, I., Adema, H., Dwyer, L., Verain, M., & Onwezen, M. (2023). Agrifoodmonitor 2023. Een blik op de toekomst: jongvolwassenen en hun kijk op een verschuiving naar een plantaardiger eetpatroon. Wageningen Economic Research.
- Ramírez, A., Quiles, A., Hevia, M.L., Sotillo, F., & Del Carmen Ramírez, M. (1997). Influence of forced contact on the maternal-filial bond in the domestic goat after different periods of post-partum separation. *Small Ruminant Research*, 23(2-3), 75-81. doi:10.1016/s0921-4488(96)00916-9.
- Ramírez, A., Quiles, A., Hevia, M.L., Sotillo, F., & Ramírez, M.C. (1996). Effects of immediate and early post-partum separation on maintenance of maternal responsiveness in parturient multiparous goats. *Applied Animal Behaviour Science*, 48(3-4), 215-224. doi:10.1016/0168-1591(96)01028-3.
- Rana, T. (Ed.) (2024a). Trends in Clinical Diseases, Production and Management of Goats - Microbial Pathogenesis of Goats (Vol. Vol. 1.). Kolkata, West Bengal, India: Academic Press.
- Rana, T. (Ed.) (2024b). Trends in Clinical Diseases, Production and Management of Goats - Microbial Pathogenesis of Goats (Vol. Vol. 2.). Kolkata, West Bengal, India: Academic Press.
- RDA. (2021). Zienswijze Dierwaardige Veehouderij. Raad voor Dierenaangelegenheden. RDA.2021.076.
- RDA. (2024). Staat van het Dier 2024. Beschouwingen en opinies over de verschuivende relatie tussen mens en dier in Nederland. Raad voor Dierenaangelegenheden.
- Red Tractor (2025). Red Tractor Dairy Goat Standards; Version 5 Modified. Red Tractor Standards Manual; Red Tractor Certified Standards.
- Reijgwart, M.L., Vinke, C.M., Hendriksen, C.F.M., Van der Meer, M., Schoemaker, N.J., & Van Zeeland, Y.R.A. (2016). Ferrets' (*Mustela putorius furo*) enrichment priorities and preferences as determined in a seven-chamber consumer demand study. *Applied Animal Behaviour Science* 180, 114–121. doi:10.1016/j.applanim.2016.04.022.
- Robertson, K., Symes, W., & Garnham, M. (2015). Carbon footprint of dairy goat milk production in New Zealand. *Journal of dairy science*, 98(7), 4279-4293.
- Rodenburg, B.T., Giersberg, M.F., & Goerlich, V.C. (2022). Quicksan informatieset Convenant Dierwaardige Veehouderij. Dier in Wetenschap en Maatschappij, Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Utrecht.
- Rojas, M., Méndez, A., & Watkins-Fassler, K. (2023). The hierarchy of needs empirical examination of Maslow's theory and lessons for development. *World Development*, 165, 106185-106185. doi:10.1016/j.worlddev.2023.106185.
- Rollins, D.B.F.C., & Montandon, R. (1984). Fecal pH and Defecation Rates of Eight Ruminants Fed Known Diets. *The Journal of wildlife Management*, 48(3), 807-813.
- Romeyer, A., & Poindron, P. (1992). Early maternal discrimination of alien kids by post-parturient. *Behavioural Processes*, 26, 103-112.
- Romeyer, A., Poindron, P., & Orgeur, P. (1994). Olfaction mediates the establishment of selective bonding in goats. *Physiology and Behavior*, 56(4), 693-700. doi:10.1016/0031-9384(94)90229-1.
- Rosenberger, K., Simmler, M., Nawroth, C., Langbein, J., & Keil, N. (2020). Goats work for food in a contrafreeloading task. *Scientific Reports*, 10(1), 1-12. doi:10.1038/s41598-020-78931-w.
- Rosenblatt, J.S., & Siegel, H.I. (1981). Factors Governing the Onset and Maintenance of Maternal Behavior among Nonprimate Mammals. In P.H. Gubernick & D.J. Klopfer (Eds.), *Parental care in mammals* (pp. 13–76). New York: Plenum Press.
- Roskam, J., Riel, J.V., Van den Brom, R., & Neijenhuis, F. (2025). Duurmelken of dekken? Een ondersteunende tool voor de besluitvorming rondom het duurmelken van melkgeiten. Wageningen Social & Economic Research. Rapport 2025-022.
- Rudge, M.R. (1970). Mother and Kid Behaviour in Feral Goats (*Capra hircus* L.). *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 27(6), 687-692. doi:10.1111/j.1439-0310.1970.tb01895.x.
- Ruis, M., Pinxterhuis, I., & Vrolijk, M. (2010). Update welzijnsprestaties biologische veehouderij. Wageningen UR Livestock Research. Rapport 317.
- Runa, R.A., Brinkmann, L., Gerken, M., & Riek, A. (2019a). Adaptation capacity of Boer goats to saline drinking water. *Animal*, 13(10), 2268-2276. doi:10.1017/S1751731119000764.
- Runa, R.A., Brinkmann, L., Riek, A., Hummel, J., & Gerken, M. (2019b). Reactions to saline drinking water in Boer goats in a free-choice system. *Animal*, 13(1), 98-105. doi:10.1017/S1751731118000800.
- Rutter, S.M. (2011). Review: Grazing preferences in sheep and cattle: Implications for production, the environment and animal welfare. *Canadian Journal of Animal Science*, 90(3). doi:10.4141/CJAS09119.

- Ryan, R.M., & Deci, E.L. (2019). Brick by brick: The origins, development, and future of self-determination theory. In E. J. Elliot (Ed.), (pp. 111-156): Elsevier Inc.
- Rzeźnik, W., & Mielcarek, P. (2014). Comparison of greenhouse gas emissions during summer from deep litter and fully-slatted piggery. *Agricultural Engineering*, 18.
- Safley, L.M., Casada, M.E., Woodbury, J.W., & Roos, K.F. (1992). Global methane emissions from livestock and poultry manure. Washington, D.C: United States Environmental Protection Agency, Air and Radiation.
- Sailer, L.M., Holinger, M., Burla, J.-B., Wechsler, B., Zanolari, P., & Friedli, K. (2021). Influence of housing and management on claw health in Swiss dairy goats. *Animals*, 11(7), 1873.
- Salama, A.A.K., Caja, G., Such, X., Casals, R., & Albanell, E. (2005). Effect of pregnancy and extended lactation on milk production in dairy goats milked once daily. *Journal of dairy science*, 88(11), 3894-3904. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)73075-7
- Samuelson, W., & Zeckhauser, R. (1988). Status quo bias in decision making. *Journal of risk and uncertainty*, 1, 7-59.
- Sanchis, E., Calvet, S., Del Prado, A. & Etellés, F (2019). A meta-analysis of environmental factor effects on ammonia emissions from dairy cattle houses. *Biosystems Engineering*, 178, 176-183. doi:10.1016/j.biosystemseng.2018.11.017.
- Savavibool, N., & Moorapun, C. (2017). Effects of Colour, Area, and Height on Space Perception. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, 2(6). doi:10.21834/e-bpj.v2i6.978.
- Schank, J.C., Lutz, M.C., & Wood, S.Y. (2023). Information and the Umwelt: A theoretical framework for the evolution of play. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 153, 105349-105349. doi:10.1016/j.neubiorev.2023.105349.
- Schep, C.A., Van Dooren, H.J.C., Mosquera, J., Van Well, E.A.P., Keuskamp, J.A., & Ogink, N.W.M. (2022). Monitoring van methaan-, ammoniak-en lachgasemissies uit melkveestallen: Praktijkmetingen in de periode oktober 2018-oktober 2020. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1286.
- Schiffman, S.S. (1998). Livestock odors: implications for human health and well-being. *Journal of Animal Science*, 76(5), 1343-1355.
- Schino, G. (1998). Reconciliation in domestic goats. *Behaviour*, 135(3), 343-356.
- Schlink, A.C., Nguyen, M.L., & Viljoen, G.J. (2010). Water requirements for livestock production: A global perspective. *OIE Revue Scientifique et Technique*, 29(3), 603-619. doi:10.20506/rst.29.3.1999.
- Schoumans, O.F., Veenemans, L., Vervuurt, W., Verhoeven, J.T.W., De Koeijer, T.J., Manshanden, M., & Van Middelkoop, J.C. (2023). Conceptual framework to evaluate organic fertilisers on C and N mineralisation and economic aspects. Wageningen Environmental Research, Rapport 3309.
- Schuling, E. (2000). *Handboek Geitenhouderij. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden*.
- Schuling, E., & Van Bakkum, K. (1990). Efficient geitenmelken. *Praktijkonderzoek/Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Waiboerhoeve*, 3(5), 11-13.
- Schütz, K.E., Lee, C., & Devries, T.J. (2018). Cattle priorities: Feed and water selection, ability to move freely and to access pasture. In C. B. Tucker (Ed.), *Advances in Cattle Welfare* (pp. 93-122). Duxford, UK: Woodhead Publishing.
- Sebek, L.B., Mosquera, J., & Bannink, A. (2016). Rekenregels voor de enterische methaan-emissie op het melkveebedrijf en reductie van de methaan-emissie via mesthandling, het handelings-perspectief van het voerspoor inzichtelijk maken met de Kringloopwijzer. Wageningen Livestock Research, Rapport 976.
- Sejian, V., Silpa, M.V., Nair, M.R.R., Devaraj, C., Krishnan, G., Bagath, M., et al. (2021). Heat Stress and Goat Welfare: Adaptation and Production Considerations. *Animals*, 11(4). doi:10.3390/ani11041021.
- Shackleton, D.M., & Shank, C.C. (1984). A review of the social behavior of feral and wild sheep and goats. *Journal of Animal Science*, 58(2), 500-509. doi:10.2527/jas1984.582500x.
- Shank, C.C. (1972). Some aspects of social behaviour in a population of feral goats (*Capra hircus* L.). *Z. Tierpsychol.*, 30, 488-528. doi:10.1111/j.1439-0310.1972.tb00876.x.
- Shi, J., Beauchamp, G. & Dunbar, R.I.M. (2010). Group-Size Effect on Vigilance and Foraging in a Predator-Free Population of Feral Goats (*Capra hircus*) on the Isle of Rum, NW Scotland. *Ethology*, 116(4), 329-337. doi:10.1111/j.1439-0310.2010.01749.x.
- Shi, J., Dunbar, R.I.M., Buckland, D., & Miller, D. (2003). Daytime activity budgets of feral goats (*Capra hircus*) on the Isle of Rum: Influence of season, age, and sex. *Canadian Journal of Zoology*, 81(5), 803-815. doi:10.1139/z03-055.

- Shi, J., Dunbar, R.I.M., Buckland, D., & Miller, D. (2005). Dynamics of grouping patterns and social segregation in feral goats (*Capra hircus*) on the Isle of Rum, NW Scotland. *Mammalia*, 69(2), 185-199. doi:10.1515/mamm.2005.016.
- Shkolnik, A., Maltz, E., & Choshniak, I. (1980). The role of the ruminant's digestive tract as a water reservoir. *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*, 731-742. doi:10.1007/978-94-011-8067-2_35.
- Siebert, K., Langbein, J., Schön, P.-C., Tuchscherer, A., & Puppe, B. (2011). Degree of social isolation affects behavioural and vocal response patterns in dwarf goats (*Capra hircus*). *Applied Animal Behaviour Science*, 131(1-2), 53-62.
- Siers, F.J. (2004). *Methodisch ontwerpen: volgens H.H. van den Koonenberg*. Groningen, the Netherlands: Wolters-Noordhoff.
- Sijtsema, S.J., Goddijn, S.T., Wolf, C.W.G., Aarts, M.N.C., Tacken, G.M.L., & Verstegen, J. (2009). Groot, groter,.. duurzaamst!? Percepties van burgers ten aanzien van schaalgrootte en schaalvergroting in de agrarische sector. LEI Wageningen UR. LEI-nota 09-005.
- Silanikove, N. (1992). Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. *Livestock Production Science*, 30(3), 175-194. doi:10.1016/S0301-6226(06)80009-6.
- Silanikove, N. (1994). The struggle to maintain hydration and osmoregulation in animals experiencing severe dehydration and rapid rehydration: the story of ruminants. *Experimental Physiology*, 79(3), 281-300. doi:10.1113/expphysiol.1994.sp003764.
- Silanikove, N. (2000). The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Ruminant Research*, 35, 181-193. doi:10.1080/00071669008417283.
- Silva, P.d.S., Hooper, H.B., Manica, E., Merighe, G.K.F., Oliveira, S.A.d., Traldi, A.d.S., & Negrão, J.A. (2021). Heat stress affects the expression of key genes in the placenta, placental characteristics, and efficiency of Saanen goats and the survival and growth of their kids. *Journal of dairy science*, 104(4), 4970-4979.
- Simantke, C., & Reinmuth, B. (2008). Stallbaulösungen für die Ökologische Schaf- und Ziegenhaltung. *Praxis trifft Forschung Neues aus der Ökologischen Tierhaltung*, 320, 53-60.
- Simon, R., Drögemüller, C., & Lühken, G. (2022). The Complex and Diverse Genetic Architecture of the Absence of Horns (Polledness) in Domestic Ruminants, including Goats and Sheep. *Genes*, 13(5). doi:10.3390/genes13050832.
- Singh, P., Venkatachalam, D., Kongara, K., & Chambers, P. (2024). Pain Mitigation Strategies for Disbudding in Goat Kids. *Animals*, 14(4). doi:10.3390/ani14040555.
- Slier, T., Stout, B., Vervuurt, W., Schepens, J., Martinez Garcia, L., Velthof, G. L., et al. (2022). Integratierapport Slim Landgebruik. Verdieping op de effecten van maatregelen binnen Slim Landgebruik. Wageningen Environmental Research.
- Slier, T., & Velthof, G. L. (2021). 30 vragen en antwoorden over lachgasemissie uit landbouwgronden. Wageningen Environmental Research.
- Smit, L., Huss, A., Jacobs, J., Baliatsas, C., Dückers, M., Boender, G. J., et al. (2019). Veehouderij en Gezondheid Omwonenden III: Longontsteking in de nabijheid van geitenhouderijen in Gelderland, Overijssel en Utrecht. Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS), Universiteit Utrecht.
- Snoek, D.J.W. (2016). (PhD thesis) Refining a model-based assessment strategy to estimate the ammonia emission from floors in dairy cow houses. Wageningen University, Wageningen.
- Somers, J., Frankena, K., Noordhuizen-Stassen, E.N., & Metz, J.H.M. (2003). Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to several floor systems. *Journal of dairy science*, 86(6), 2082-2093.
- Somers, J., Schouten, W.G.P., Frankena, K., Noordhuizen-Stassen, E.N., & Metz, J.H.M. (2005). Development of claw traits and claw lesions in dairy cows kept on different floor systems. *Journal of dairy science*, 88(1), 110-120.
- Sommer, S.G., & Møller, H.B. (2000). Emission of greenhouse gases during composting of deep litter from pig production—effect of straw content. *The Journal of Agricultural Science*, 134(3), 327-335.
- Sommer, S.G., Webb, J., Kupper, T., & Groenestein, K. (2010). Gaseous emissions during the management of litter-based manures. In: *Proceedings of the 14th International Conference Ramiran*, September 13-15, 2010 Lisboa, Portugal.
- Stachowicz, J., Gygas, L., Hillmann, E., Wechsler, B., & Keil, N.M. (2018). Dairy goats use outdoor runs of high quality more regardless of the quality of indoor housing. *Applied Animal Behaviour Science*, 208, 22-30. doi:10.1016/j.applanim.2018.08.012.

- Stachowicz, J., Lanter, A., Gygax, L., Hillmann, E., Wechsler, B., & Keil, N.M. (2019). Under temperate weather conditions, dairy goats use an outdoor run more with increasing warmth and avoid light wind or rain. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1508-1521. doi:10.3168/jds.2018-14636.
- Stanley, C.R., & Dunbar, R.I.M. (2013). Consistent social structure and optimal clique size revealed by social network analysis of feral goats, *Capra hircus*. *Animal Behaviour*, 85(4), 771-779.
- Starmans, D.A.J., Bruins, M.A., Melse, R.W., Veeken, A.H.M., & Willers, H.C. (2002). Mest: compostering, nutriëntenverliezen en toepassing: P398-1: beleidsondersteunend onderzoek op het terrein van voedsel en groen. IMAG, Rapport 2002-xx.
- Steuer, P., Tejeda, C., Moroni, M., Verdugo, C., Collins, M.T., & Salgado, M. (2021). Attempted control of paratuberculosis in dairy calves by only changing the quality of milk fed to calves. *Animals*, 11(9), 1-11. doi:10.3390/ani11092569.
- Stilwell, G., & Lopes Vieira, A. (2024). Enhancing Animal Welfare Through Disease Prevention in Goats. In S. Mattiello & M. Battini (Eds.), *The Welfare of Goats* (pp. 295-324): Springer Nature AG.
- Stouthart, F. (2018). Veehouderij, geur en mogelijke effecten van andere geurnormen (fase 1). Gemeente Berkelland 2018. Omgevingsdienst Zuidoost-Brabant.
- Sutherland, M., Lowe, G., Ross, C., Rapp, D., & Zobel, G. (2016). Evaluation of alternative flooring surfaces for dairy goats. *Journal of Animal Science*, 94, 38-38. doi:10.2527/jam2016-0082.
- Sutherland, M.A., Lowe, G.L., Watson, T.J., Ross, C.M., Rapp, D., & Zobel, G.A. (2017). Dairy goats prefer to use different flooring types to perform different behaviours. *Applied Animal Behaviour Science*, 197, 24-31. doi:10.1016/j.applanim.2017.09.004.
- Sutton, M.A., Howard, C.M., Mason, K.E., Brownlie, W.J., & Cordovil, C. (2022). Nitrogen opportunities for agriculture, food & environment. UNECE guidance document on integrated sustainable nitrogen management. UK Centre for Ecology & Hydrology, Edinburgh, UK. INMS Report 2022/02.
- Taylor, C.A., & Kothmann, M.M. (1990). Diet Composition of Angora Goats in a Short-Duration Grazing System. *Journal of Range Management* 43(2), 123-126.
- Taylor, C.R. (1966). The vascularity and possible thermoregulatory function of the horns in goats. *Physiological Zoology*, 39(2), 127-139.
- Te Velde, H., Aarts, N., & Van Woerkum, C. (2002). Dealing with ambivalence: farmers' and consumers' perceptions of animal welfare in livestock breeding. *Journal of agricultural and environmental ethics*, 15, 203-219.
- Terrazas, A., Serafin, N., Hernández, H., Nowak, R., & Poindron, P. (2003). Early Recognition of Newborn Goat Kids by Their Mother: II. Auditory Recognition and Evidence of an Individual Acoustic Signature in the Neonate. *Developmental Psychobiology*, 43(4), 311-320. doi:10.1002/dev.10139.
- Thiéry, J.C., Chemineau, P., Hernandez, X., Migaud, M., & Malpoux, B. (2002). Neuroendocrine interactions and seasonality. *Domestic Animal Endocrinology*, 23(1-2), 87-100. doi:10.1016/S0739-7240(02)00148-0.
- Tinbergen, N. (1963). On aims and methods of Ethology. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 20(4), 410-433. doi:10.1111/j.1439-0310.1963.tb01161.x.
- Tölü, C., & Savaş, T. (2019). Dairy goat usage of flooring types varied by material, slope and slot width. *Applied Animal Behaviour Science*, 215(April), 37-44. doi:10.1016/j.applanim.2019.04.004.
- Tölü, C., Göktürk, S., & Savaş, T. (2016). Effects of weaning and spatial enrichment on behavior of Turkish saanen goat kids. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29(6), 879-886. doi:10.5713/ajas.15.0597.
- Toussaint, G. (1997). The housing of milk goats. *Livestock Production Science*, 49(2), 151-164. doi:10.1016/S0301-6226(97)00011-0.
- Ullah, S., Shahbaz Azhar, M., Javed, Z., Ahmad, N., Niaz Asghar, M., & Mujahid Anwar, M. (2022). Effect of Different Types of Floors on Beetal Goats' Preference, Lying, Standing, and Elimination Behavior. *Jammu Kashmir Journal of Agriculture*, 2(2), 17-22. doi:10.56810/jkjagri.002.02.0046.
- UN (2015). Framework code for good agricultural practice for reducing ammonia emissions. United Nations Economic Commission for Europe: Brussels, Belgium.
- Ureña, I., Ersmark, E., Samaniego, J.A., Galindo-Pellicena, M.A., Crégut-Bonnouire, E., Bolívar, H., et al. (2018). Unraveling the genetic history of the European wild goats. *Quaternary Science Reviews*, 185, 189-198. doi:10.1016/j.quascirev.2018.01.017.
- Van Bruggen, C., A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, M.B.H. Ros, G.L. Velthof, J. Vonk & van der Zee, T. (2021). Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2019. WOt-technical report 203.

-
- Van, D.T.T., Mui, N.T., & Ledin, I. (2007). Effect of group size on feed intake, aggressive behaviour and growth rate in goat kids and lambs. *Small Ruminant Research*, 72(2-3), 187-196. doi:10.1016/j.smallrumres.2006.10.010.
- Van den Brom, R., Greijdanus-van der Putten, S., Van der Heijden, M., Lievaart-Peterson, K., Vellema, P., & De Grauw, J. (2020). Thermal disbudding in goat kids in the Netherlands: Current practice, complications and considerations. *Small Ruminant Research*, 183, 106036. doi:10.1016/j.smallrumres.2019.106036.
- Van den Brom, R., Klerx, R., Vellema, P., Lievaart-Peterson, K., Hesselink, J. W., Moll, L., et al. (2019). Incidence, possible risk factors and therapies for pseudopregnancy on Dutch dairy goat farms: A cross-sectional study. *Veterinary Record*, 184(25), 770-770. doi:10.1136/vr.105346.
- Van den Born, G.J., & Van der Zanden, E. (2023). Restemissieopgave broeikasgassen landbouw en landgebruik. Analyse van broeikasgasreductiedoelen ten behoeve van een eenduidige vaststelling van restemissies van landbouw en landgebruik. Planbureau voor de Leefomgeving. PBL-publicatienummer: 4996.
- Van den Brom, R., & Vellema, P. (2009). Q fever outbreaks in small ruminants and people in the Netherlands. *Small Ruminant Research*, 86(1-3), 74-79.
- Van der Giessen, J., Hagenaars, T., De Rooij, M., Cornu Hewitt, B., Lotterman, A., Roof, I., et al. (2024). Veehouderij en gezondheid omwonenden (VGO-III): Actualisatie epidemiologische studies 2014-2019. Onderzoek naar longontstekingen rond geitenhouderijen 2018-2024. RIVM-rapport 2024-0167.
- Van der Net, L., Coenen, P., Rienstra, J.D., Zijlema, P.J., Arets, E., Baas, K., et al. (2023). Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2021. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Rapport 2023-0052.
- Van der Net, L., Staats, N., Coenen, P.W.H.G., Rienstra, J.D., Zijlema, P.J., Arets, E.J.M.M., et al. (2024). Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2022. National Inventory Report 2024. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Rapport 2024-0017.
- Van Dooren, H.J., & Smits, M.C.J. (2007). Reductieopties voor ammoniak-en methaanemissie uit huisvesting voor melkvee: Animal Sciences Group, Wageningen UR.
- Van Horne, P.L.M., & Sturkenboom, H. (1985). In plaats van melkvee. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij. Rapport 33.
- Van Horne, P.L.M., & Zaalmink, B.W. (1987). Afzetperspectieven voor Nederlandse geitekaas op middellange termijn. Landbouw-Economisch Instituut. Mededeling 378.
- Van Leenen, K., Jouret, J., Demeyer, P., Van Driessche, L., De Cremer, L., Masmeijer, C., et al. (2020). Associations of barn air quality parameters with ultrasonographic lung lesions, airway inflammation and infection in group-housed calves. *Preventive Veterinary Medicine*, 181, 105056. doi:10.1016/j.prevetmed.2020.105056.
- Van Staaveren, N. (2012). (Msc thesis) Go Goats – Behavioural needs of the goat and Brief of Requirements. Vooruit met de Geit – Behoeftenanalyse van de geit en Programma van Eisen. Behavioural Ecology Group, Wageningen University.
- Van Weeghel, H.J.E., Bos, A.P., Spoelstra, S.F., & Koerkamp, P.W.G.G. (2016). Involving the animal as a contributor in design to overcome animal welfare related trade-offs: the dust bath unit as an example. *Biosystems Engineering*, 145, 76-92.
- Van Weeghel, E., De Jong, I., Van Niekerk, T., & Bos, A.P. (2020). Programma van eisen van de legghen 2020; Ontwerpen voor een goed dierenwelzijn. Wageningen Livestock Research, Rapport 1263.
- Vas, J., & Andersen, I.L. (2015). Density-dependent spacing behaviour and activity budget in pregnant, domestic goats (*Capra hircus*). *PLoS ONE*, 10(12), 1-17. doi:10.1371/journal.pone.0144583.
- Vas, J., Chojnacki, R., Kjøren, M.F., Lyngwa, C., & Andersen, I.L. (2013). Social interactions, cortisol and reproductive success of domestic goats (*Capra hircus*) subjected to different animal densities during pregnancy. *Applied Animal Behaviour Science*, 147(1-2), 117-126. doi:10.1016/j.applanim.2013.04.009.
- Veissier, I., Lesimple, C., Brunet, V., Aubé, L., & Botreau, R. (2024). Review: Rethinking environmental enrichment as providing opportunities to acquire information. *Animal*, 18(9), 101251-101251. doi:10.1016/j.animal.2024.101251.
- Vellinga, T.V., & Groenestein, C.M. (2022). Tien vragen en antwoorden over methaan, een kort levend broeikasgas. Wageningen Livestock Research.
- Verhue, D., Vieira, V., Koenen, B., & Van Kalmthout, R. (2011). Opvattingen over megastallen. Een onderzoek naar het maatschappelijk draagvlak voor megastallen en de opvattingen hierover. Veldkamp, Projectnummer: 5583.

-
- Verkaik, J., Marcato, F., Peterson, K., Neijenhuis, F., & Roskan, J. (2024). Het Welzijn van Melkgeiten; Naar Een Welzijnsmonitor Met Meer Diergebonden Welzijnsindicatoren. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1536.
- Verkaik, J., van Dixhoorn, I., Gunnink, H., van Hattum, T., & Ouweltjes, W. (2016). Monitoring van het helingsproces van de navelstrengen van geitenlammeren. Wageningen Livestock Research, rapport 992.
- Vermeij, I., Blanken, K., Evers, A.G., Groeneveld, I., Ouweltjes, W., Verkaik, J.C., & Wemmenhove, H. (2023). KWIN 2023-2024: Kwantitatieve Informatie Veehouderij. Wageningen: Wageningen Livestock Research.
- Verwer, C., & Van Eekeren, N. (2011). Omgevingsverrijking voor geiten. Wageningen UR, Louis Bolk Instituut. BioKennis bericht Geiten, 2011(9).
- Vonk, J., Van Bruggen, C., Lagerwerf, L.A., Huijsmans, J.F.M., Luesink, H.H., van der Zee, T., & Velthof, G.L. (2023). Raming van luchtmissies uit de landbouw tot 2030, met doorkijk naar 2040: Achtergronddocument veehouderij en akkerbouw bij de Klimaat-en Energieverkenning 2022. Wageningen Livestock Research, Rapport 1399.
- Wakker Dier. (2023). Dierenwelzijn in de melkgeitenhouderij? Wakker Dier.
- Waiblinger, S., Schmied-Wagner, C., Mersmann, D., & Nordmann, E. (2011). Social behaviour and injuries in horned and hornless dairy goats. Conference paper; Animal hygiene and sustainable livestock production. Proceedings of the XVth International Congress of the International Society for Animal Hygiene, Vienna, Austria, 3-7 July 2011, Volume 1.
- Wang, T., He, Q., Yao, W., Shao, Y., Li, J., & Huang, F. (2019). The Variation of Nasal Microbiota Caused by Low Levels of Gaseous Ammonia Exposure in Growing Pigs. *Frontiers in Microbiology*, Volume 10 - 2019. doi:10.3389/fmicb.2019.01083.
- Wang, K., Wei, B., Zhu, S., & Ye, Z. (2011). Ammonia and odour emitted from deep litter and fully slatted floor systems for growing-finishing pigs. *Biosystems Engineering*, 109(3), 203-210.
- Webb, J., Sommer, S.G., Kupper, T., Groenestein, K., Hutchings, N.J., Eurich-Menden, B., et al. (2012). Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane during the management of solid manures. *Agroecology and strategies for climate change*, 67-107.
- Webb, L.E., Bokkers, E.A.M., Heutinck, L.F.M., Engel, B., Buist, W. G., Rodenburg, T. B., et al. (2013). Effects of roughage source, amount, and particle size on behavior and gastrointestinal health of veal calves. *Journal of Dairy Science*, 96(12), 7765-7776. doi:10.3168/jds.2012-6135.
- Willeghems, G., De Clercq, L., Michels, E., Meers, E., & Buysse, J. (2016). Can spatial reallocation of livestock reduce the impact of GHG emissions? *Agricultural Systems*, 149, 11-19. doi:10.1016/j.agsy.2016.08.006.
- Wing, S., & Wolf, S. (2000). Intensive livestock operations, health, and quality of life among eastern North Carolina residents. *Environmental health perspectives*, 108(3), 233-238.
- Winkel, C., Schukat, S., & Heise, H. (2020). Importance and feasibility of Animal Welfare Measures from a consumer perspective in Germany. *Food ethics*, 5, 1-16.
- Yamulki, S. (2006). Effect of straw addition on nitrous oxide and methane emissions from stored farmyard manures. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 112(2-3), 140-145.
- Ye, Z., Zhang, G., Seo, I.H., Kai, P., Saha, C.K., Wang, C., & Li, B. (2009). Airflow characteristics at the surface of manure in a storage pit affected by ventilation rate, floor slot opening, and headspace height. *Biosystems Engineering*, 104(1), 97-105.
- Yoshimura, T. (2013). Thyroid hormone and seasonal regulation of reproduction. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 34(3), 157-166. doi:10.1016/j.yfrne.2013.04.002.
- Zamuner, F., Cameron, A.W.N., Carpenter, E.K., Arcos-Gómez, G., Kirkham, J., Leury, B.J., & DiGiacomo, K. (2024). Assessing the impact of colostrum feeding delay on serum immunoglobulin G and total protein in dairy goat kids. *Animal*, 18(8), 101246-101246. doi:10.1016/j.animal.2024.101246.
- Zarazaga, L.A., Guzmán, J.L., Domínguez, C., Pérez, M.C., & Prieto, R. (2005). Effect of plane of nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. *Animal reproduction science*, 87(3-4), 253-267. doi:10.1016/j.anireprosci.2004.11.004.
- Zeder, M.A. (2014). Domestication: Definition and Overview. In C. Smith (Ed.), *Encyclopedia of Global Archaeology* (pp. 2184-2194). New York: Springer New York.
- Zeder, M.A., & Hesse, B. (2000). The initial domestication of goats (*Capra hircus*) in the Zagros mountains 10,000 years ago. *Science*, 287(5461), 2254-2257.

-
- Zhang, F., Liu, Q., Gong, P., Wang, Y., Shi, C., Zhu, L., et al. (2024). Genome-wide association study provided insights into the polled phenotype and polled intersex syndrome (PIS) in goats. *BMC Genomics*, 25(1), 1-11. doi:10.1186/s12864-024-10568-9.
- Zhang, J., Puente-Rodríguez, D. Bos, A.P., Ogink, N. & Aarnink, A. (2025). Inhibiting urease activity to reduce ammonia emissions from dairy houses through application of disinfectants on different floor types. *Biosystems Engineering*, 257, 104217. doi:10.1016/j.biosystemseng.2025.104217.
- Zobel, G., Freeman, H., Schneider, D., Henderson, H., Johnstone, P., & Webster, J. (2018). Behaviour of dairy goats managed in a natural alpine environment. *Proceedings of the 52nd Congress of the International Society for Applied Ethology*.
- Zobel, G., & Nawroth, C. (2020). Current state of knowledge on the cognitive capacities of goats and its potential to inform species-specific enrichment. *Small Ruminant Research*, 192, 106208.
- Zobel, G., Neave, H., & Webster, J. (2017). Climbing behaviour in lactating dairy goats. The use of a raised platform. Paper presented at the Proceedings of the Fiftieth Annual Conference. American Association of Bovine Practitioners, Omaha, Nebraska.
- Zobel, G., Neave, H.W., & Webster, J. (2019). Understanding natural behavior to improve dairy goat (*Capra hircus*) management systems. *Transl Anim Sci*, 3(1), 212-224. doi:10.1093/tas/txy145.
- Zobel, G., Neave, H. W., & Nawroth, C. (2024). Goats' Natural Behaviour. In S. Mattiello & M. Battini (Eds.), *The Welfare of Goats* (pp. 21-75): Springer Nature AG.
- Zobel, G., Weary, D.M., Leslie, K., Chapinal, N. & Von Keyserlingk (2015). Technical note: Validation of data loggers for recording lying behavior in dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 98(2), 1082-1089. doi:10.3168/jds.2014-8635.
- Zucali, M., Lovarelli, D., Celozzi, S., Bacenetti, J., Sandrucci, A., & Bava, L. (2020). Management options to reduce the environmental impact of dairy goat milk production. *Livestock Science*, 231, 103888.

Bijlage 1 Inventarisatie kansrijke ideeën tijdens het ontwerpatelier

Deze bijlage bevat een overzicht van de ideeën die tijdens het ontwerpatelier naar voren zijn gekomen. Deze zijn bedoel ter inspiratie en kunnen helpen om bestaande stallen te verbeteren of om nieuwe concepten te bedenken. Tijdens het ontwerpatelier werden deze ideeën geclusterd en gecombineerd om te komen tot de ontwerpconcepten die in Hoofdstuk 5 zijn uitgewerkt.

Bij de aftrap van het ontwerpatelier werden de volgende twee video's ter inspiratie getoond.

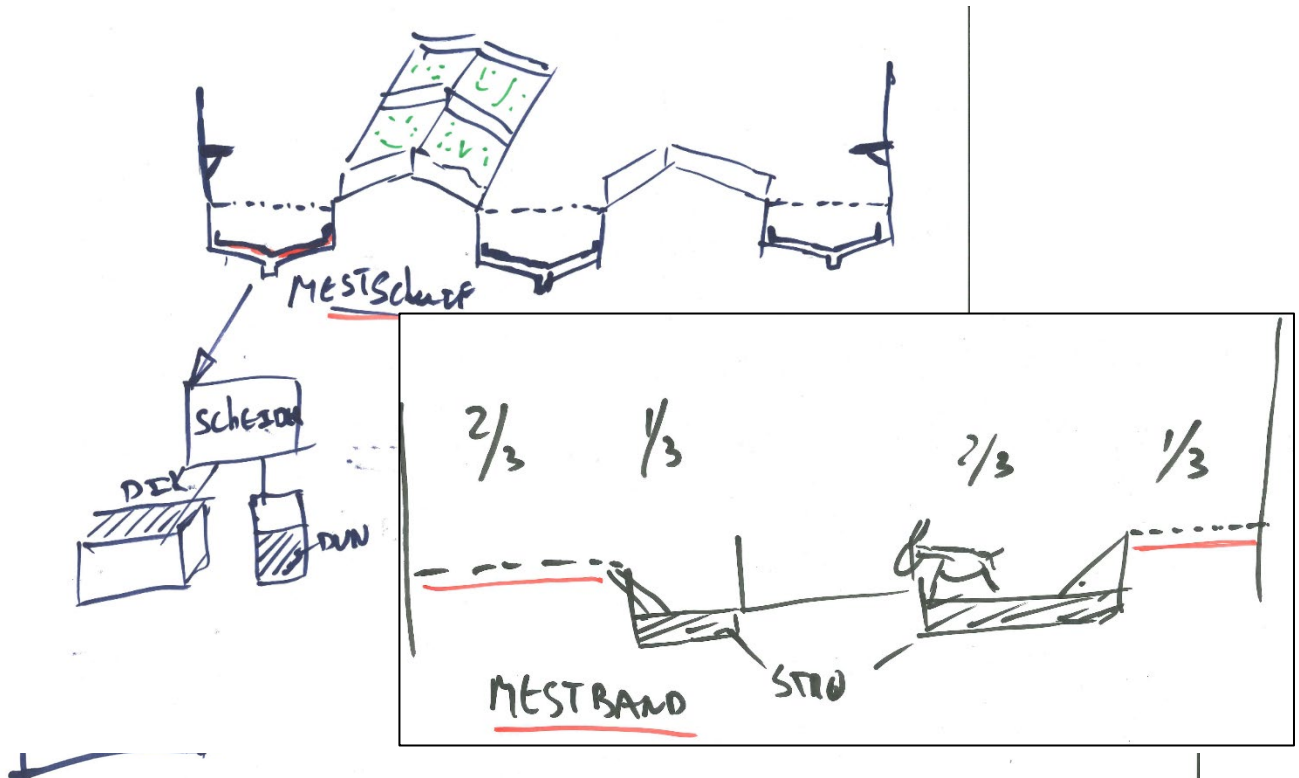
- De ene van Doetie Trinks (Aldwalde) over een breed gedeeld idee, dat geiten een voorkeur hebben voor klimmen - het dier als drijfveer voor verandering:
<https://vimeo.com/924510295/245e3d64e4?share=copy> (geraadpleegd november 2024).
- De andere over het bedrijf van Mattijn Papen (Vragender) die vanuit de doelstelling om emissies te reduceren ook tegemoet probeert te komen aan de behoeften van het dier:
<https://www.youtube.com/watch?v=ctOPWOnwv2Y> (geraadpleegd november 2024).

1. Beekdal stal

Ik heb vooral gekeken naar de natuurlijke omgeving waar de geit vandaan komt. Dat is een beekdal met een heuvel en wat bomen of struiken. (Iemand anders merkt op: geiten vinden het bijvoorbeeld een aangename bezigheid om aan de schors van wilgentakken te knagen, - aangename bezigheid). In het midden zit het beekdal, dat loopt schuin af naar het midden waar een urinegoot de urine afvoert. Een robot voert de mest af. Aan de ene zijkant voer je gras; aan de andere zijkant zijn verhoogde rustplaatsen. Er moet nog wel iets meer gebeuren om aan de behoeften van de geit te voldoen.



2.



Ik ben uitgegaan van de Blije Geit stal. Daarbij heb ik stukken dichte vloer ingestrooid, afgewisseld met roostervloer. Dichte vloeren hebben een helling van 3-6%, zodat de urine daar wegloopt richting de roosters. Een meter bij de zijkant/buitenmuur vandaan houden geiten het schoon, dus die oppervlaktes kun je horizontaal maken. Het is geen potstal, wel licht ingestrooid. Wanneer geiten spetteren willen voorkomen, moeten ze op het rooster urineren. Mestbanden onder de roosters; mest en urine wordt apart afgevoerd. Aan beide zijkanten 25% dichte vloer; in het midden 50% roostervloer.

- Als aanvullend idee komt: ligboxenachtige ruimtes voor geiten. De mest moet je daar goed uit schuiven.
- Een ander idee is een stal met $\frac{2}{3}$ potstal, $\frac{1}{3}$ niet-ingestrooide verhoging met roosters. Onder de roosters heb je een mestband nodig, omdat geiten ook daar gaan mesten en urineren. Dit type stal bestaat al.

3. De Cleopatrastal

Een stal met twee piramides (3D) met ligruimte, daarnaast een gedeelte in het midden dat is ingestrooid.



- Het overige deel van de stal is de actieve zone waar een doorlatend zeildoek zorgt dat de urine wegloopt. Eronder is een keldertje, de vloer hiervan is op afschot zodat de urine snel afgevoerd wordt met een urine afvoergoot. Een mestrobot opzuigt/verwijdert de mest van het loopoppervlak (op het zeildoek).
- Langs de kanten zitten **opklapbare/reinigbare plateaus** van 50 centimeter hoog. Mochten deze plateau's niet schoon blijven dan kun je deze plateaus opklappen (naar boven), er is een sproeisysteem zodat het makkelijker wordt om deze plateaus schoon te maken.
- De stal is mechanisch geventileerd met buizen. Deze zorgen voor overdruk en blazen frisse lucht de stal in, wat zorgt voor een beter stalklimaat, minder ziektedruk en mogelijkheden om emissies te reduceren.
- Door minder eiwitrijk te voeren worden de keutels harder en kunnen eenvoudiger door de robot verwijderd worden.
- In dit systeem moet aandacht zijn voor de opfok: dieren moeten op jonge leeftijd wennen aan dit systeem.
- Boven op de piramides bevindt zich **verrijkend voer**: contrafreeloading.

4. Omhoog met de geit! – Verrijkingselementen



Het evenwichtsorgaan van de geiten is heel goed ontwikkeld en de hoeven zijn hard. Bij verbetering van de leefomgeving bij varkens denk je aan wroetmogelijkheden, bij eenden aan water/zwemvoorzieningen, bij konijnen aan graven, bij kippen aan zandbaden... en bij geiten denk je 'verticaal', de hoogte in. Dit is verrijking, maar is het iets als 'need to have' of 'nice to have'?

- 4.1. **De bubbel:** Een halve bol van metaal zorgt voor afleiding, uitdaging en speelplezier (functie gebieden). Het materiaal (glad, roetsvrijstal) zorgt dat als de geiten, op hoogte, plassen/poeppen dat feces en urine gewoon er vanaf glijden naar het vloersysteem beneden (de pot, roostervloer, beekdal, etc. bijna overal toepasbaar).
 - Tijdens de uitwerking van de ontwerpconcepten is ook de optie besproken waarbij de bubbel van rubber is gemaakt en gevuld met lucht of water, waardoor er beweging ontstaat (speelgedrag/uitdaging) en feces en urine door deze bewegingen naar beneden worden geholpen.
- 4.2. **De berg:** Oude betonblokken (denk aan het filmpje van Doetie's geiten) krijgen een nieuwe functie, maar er kunnen ook nieuwe elementen gemaakt worden van polypropyleen of metaal. Ze zijn chaotisch geplaatst en met stijl afschot/hellingen (Alpine omstandigheden) – denk hier weer aan uitdaging en aan snelle afvoer van excretie naar het vloersysteem beneden.

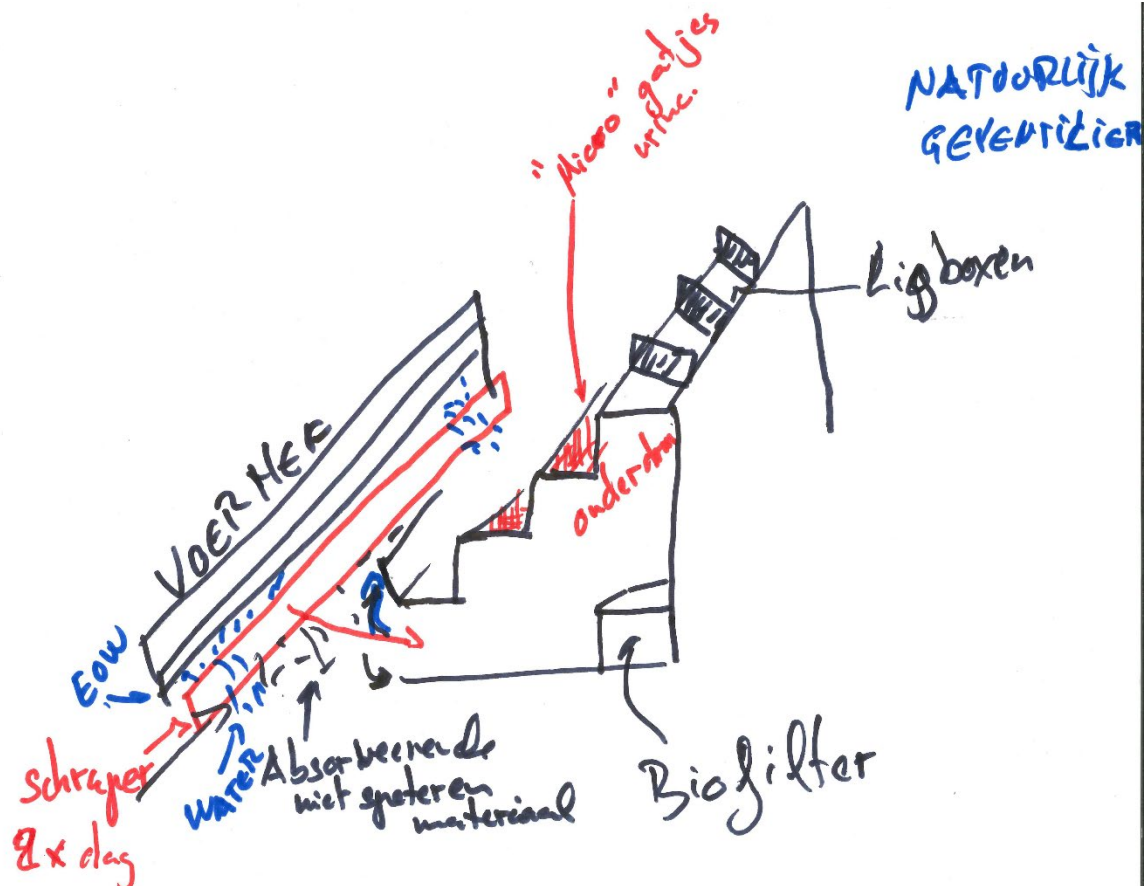
De bubbel- en de berg concepten zijn inpasbaar in elk huisvestingssysteem en kunnen groter of kleiner gedimensioneerd worden, er kunnen meerdere geplaatst worden en combinaties zijn ook mogelijk (bijv. 2 bubbels en 3 bergen verspreid in een potstal).

5. De zichtstal. Het doel om in 2050 klimaatneutraal te worden is met herkauwers moeilijk (onmogelijk?) te bereiken. De emissies uit de mest kunnen we voorkomen, remmen, reduceren, met maatregelen zoals koelen, aanzuren, scheiden, vergisten, etc. ... maar het dier is de mest niet – de enterische methaan is moeilijker te voorkomen. Daarom is de zichtstal een mechanisch geventileerde, gasdichte stal van glas. CO₂-neutraal.

- Luchtwassers en biofilters zorgen dat de uitgaande lucht schoon is + deze systemen zetten de N, de H, de O, de C en de andere moleculen om in nuttige meststoffen, materialen en/of brandstoffen.
- Het glas zorgt ervoor dat de geiten en de mensen naar buiten kunnen kijken en dat de maatschappij naar binnen kan kijken, naar deze leuke dieren.

- Binnen hebben we een winter-garten achtig huisvestingssysteem waarin een natuurlijke omgeving wordt nagebootst; jonge en oude dieren lopen bij elkaar; ventilatiesystemen zorgen ervoor dat de luchtkwaliteit uitstekend is, etc. We kunnen buiten binnen nabootsen/ontwerpen. Zelfs, voor mensen met een geromantiseerd beeld van de veehouderij kunnen er ook zelfs nog een paar potstallen behouden worden. Binnen kan bijna alles, want deze stal is gasdicht.

6. Multifunctionele plateaus



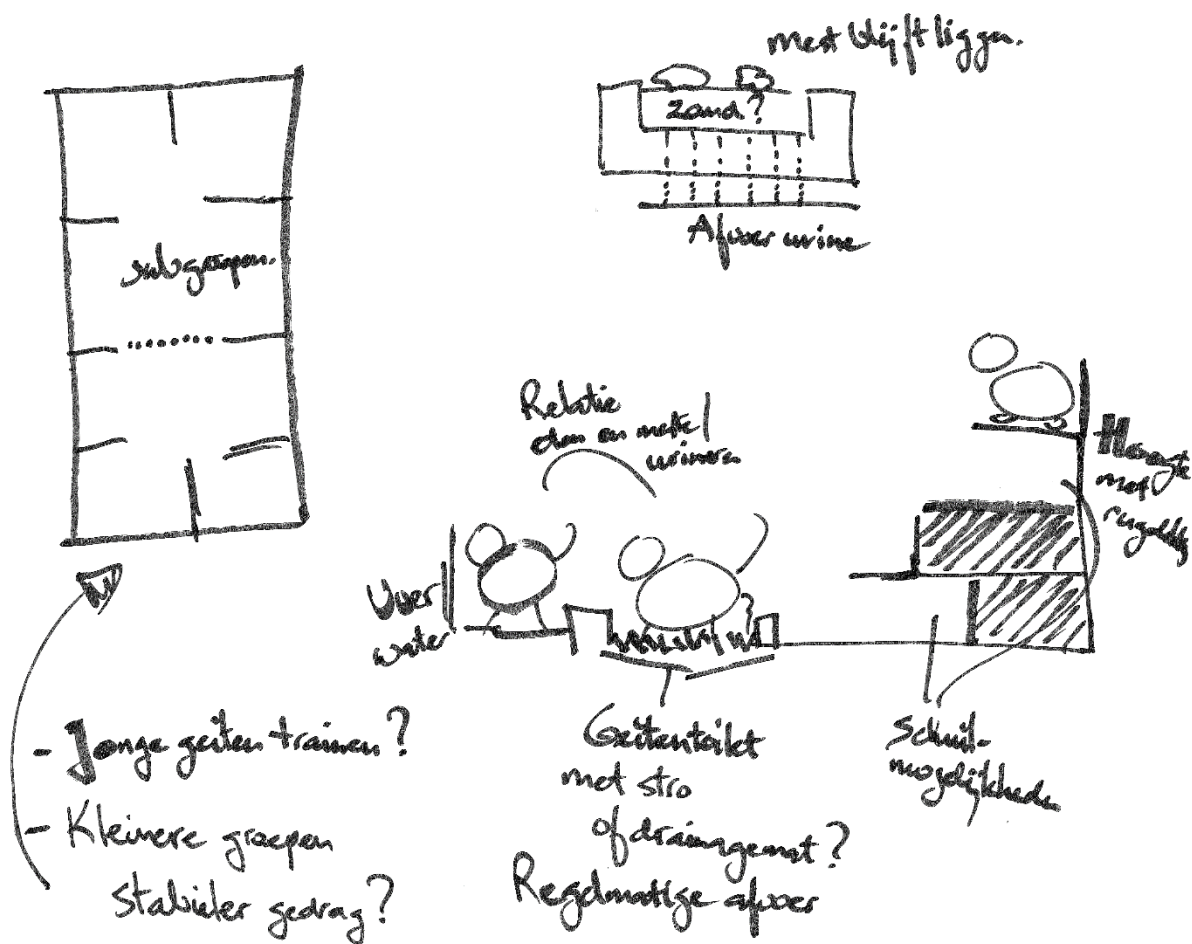
Het plateau is geplaatst tegen de buitenmuur van de stal. Het is een natuurlijk geventileerde stal.

- Ligboxen.** Het bovenste niveau van het plateau is voorzien van dwarswanden zodat de geiten zich individueel of in klein groepsverband kunnen terugtrekken (rustgebied). We gaan ervan uit dat deze hoogste plekken, tegen de wand, schoon blijven. Er wordt hier geen emissiereductietechniek toegepast (rust), mocht hier wat excretie plaatsvinden dan accepteren we deze beperkte emissie.
- De andere/lagere niveaus van de plateaus zijn bedoeld als bewegingsruimte waar ook met rugdekking gerust kan worden.
- De vloer van deze lagere niveaus is een soort dicht rooster met openingen van 8mm om de urine door te laten. Een schraper zorgt dat de feces naar beneden worden afgevoerd.
- Op de begane grond (minimaal 2-3 m breed) tussen de plateaus enerzijds en het voerhek en watervoorzieningen anderzijds ligt een gladde vloer (van polypropyleen of gecoat beton = niet poreus) die makkelijk schoon te krijgen is. Er ligt 5-10cm aan absorberend niet spetterend materiaal/substraat. Dit kan stro zijn, maar stro is duur en moet vaak geïmporteerd worden (CO₂-voetafdruk). Daarom is het ook goed om naar alternatieven te zoeken (tja, meer graan in NL te verbouwen zou al helpen...) zoals bladeren, zand, schoon oud papier, composteerbare restproducten van biobased bouwmaterialen, veren, groen/maaisel uit het beheer van omliggende natuurgebieden of sloten, of biologisch afbreekbare plastics, etc. Goed in de omgeving van het geitenbedrijf kijken wat er vrijkomt in de kringlooeconomie.
- Een schraper zorgt dat de vaste mest (= feces + urine + substraat) onder het plateau wordt gebracht. Bijvoorbeeld 1 à 2 keer per dag.
 - De schraper is voorzien van een sproei-installatie. Na het weghalen van het substraat wordt EOW ('Electrolyzed Oxidizing Water') toegediend om de biofilm op de vloer te neutraliseren,

om daarmee ammoniakemissie zoveel mogelijk te voorkomen (Zhang et al. 2025). EOW is een bekende biocide die snel wordt afgebroken en die veilig is voor de dieren. EOW wordt ook toegediend op de plateaus, maar niet op de bovenste.

- Het plateau vormt dus ook de bovenkant van de mestkelder. In deze opslagruimte is sprake van onderdruk. Luchtwassers en biofilters zorgen voor een schone uitgaande lucht. De onderdruk zorgt ervoor dat de ammoniakemissie die eventueel ontstaat op de lagere niveaus van de plateaus ook wordt afgezogen en gereinigd – à la Lely Sphere. Een nog te ontwikkelen systeem moet zorgen dat er een actief composteringsproces plaatsvindt waardoor de vaste mest wat stabielere wordt bij aanwending. Er kan gedacht worden aan vergisting. Hoe goed kan je vaste geitenmest vergisten of composteren? Wat is slimmer te doen met vaste mest van geiten? Luiken in de buiten muur zorgen dat shovels toegang tot de vaste mest krijgen.
- Geiten hebben toegang tot daglicht (dakramen) en weidegang.

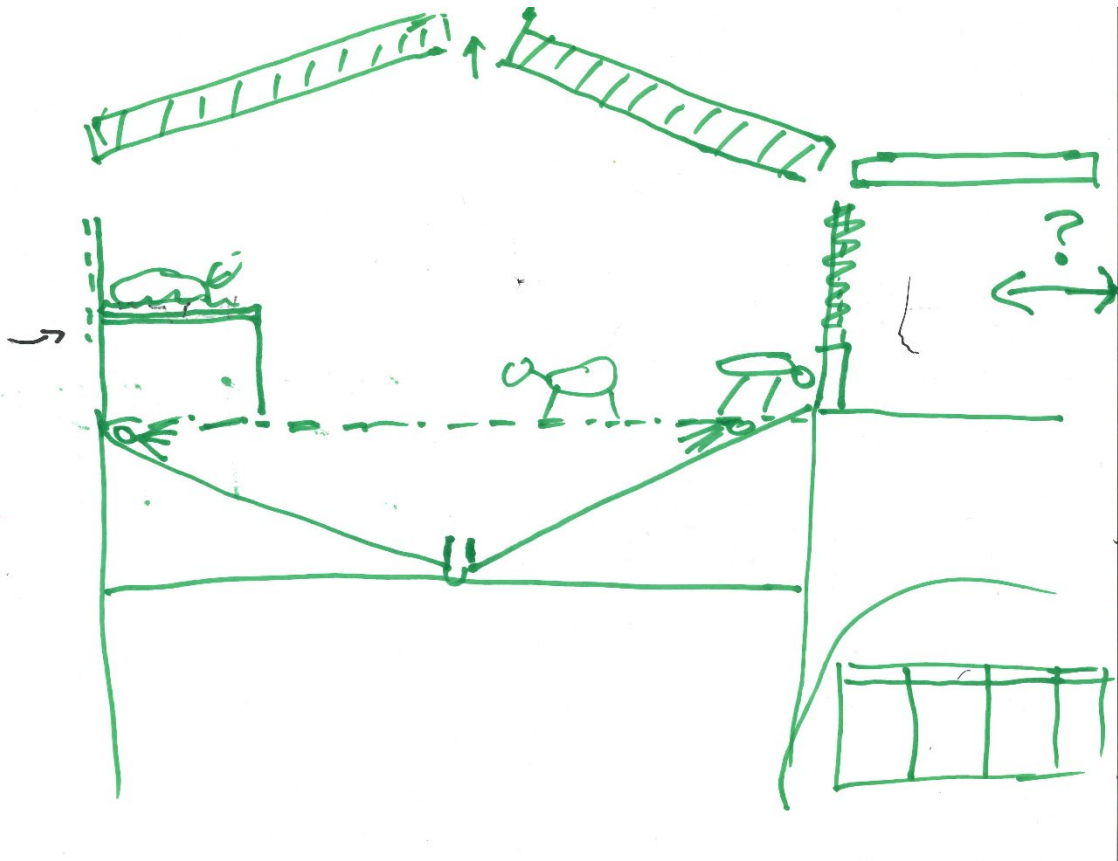
7. Geitentoilet



Een tribuneopstelling waar geiten niet alleen de mogelijkheid hebben om op te klimmen, maar ook erin/eronder zodat er ook schuilmogelijkheden ontstaan. Daarmee creëer je ook wat extra oppervlakte. Plateaus of de tribune zijn hard, niet te warm, schoon. Wanneer uit onderzoek blijkt dat geiten (soms) behoefte hebben aan strooisel op hun ligplekken, wordt op de plateaus ook strooisel aangeboden. De tribune wordt zo ingericht dat het voor geiten aantrekkelijk is om daar te liggen/rusten. Geiten houden deze zelf schoon.

- Daarnaast is er op de begane grond een stukje potstal, bedoeld om te mesten en urineren.
- Om geiten zo goed mogelijk gebruik te laten maken van dit systeem worden ze op jonge leeftijd vertrouwd gemaakt met dit systeem. Eventueel lopen er in de opfokstal een aantal volwassen geiten die het goede voorbeeld geven.
- Door meer wanden in de stal te plaatsen, krijgen geiten de mogelijkheid om zelf subgroepen te vormen.

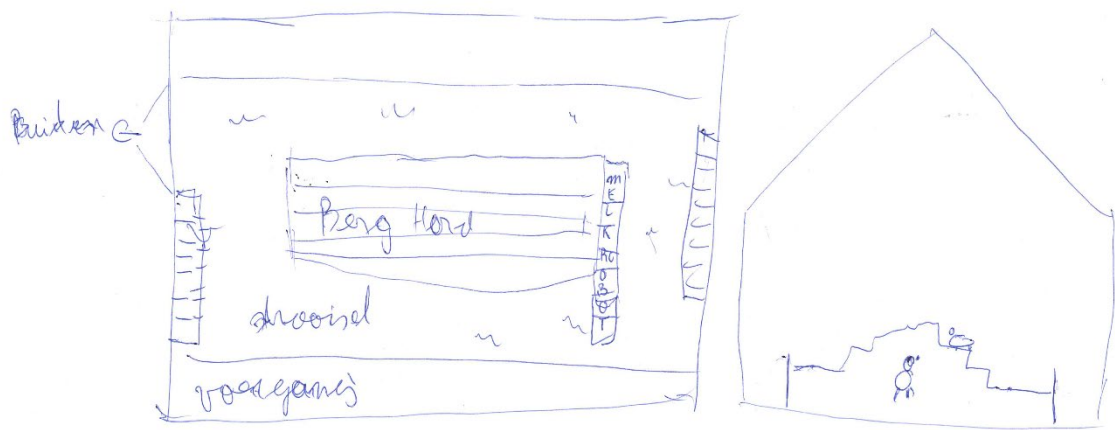
8.



Een stal met een dubbele vloer.

- Waarbij de bovenste vloer, waar de geiten op lopen, wordt geoptimaliseerd voor de geiten. De bovenste vloer bevat roosters zodat mest en urine naar de onderste vloer gaan.
 - Op de roosters loopt eventueel nog een mestrobot om de vloer schoon te houden.
- De onderste (kelder)vloer wordt geoptimaliseerd voor scheiden en afvoeren van mest en urine. Urine wordt afgevoerd via een urinegoot; door een afschot komt daar geen feces in terecht.
 - Mest wordt met een schuif afgevoerd. Onder het rooster kan er ook nog gespreid worden met EOW.
- Tegen de buitenmuur aan wordt in beperkte mate een verhoogde ligplek gecreëerd: de bedoeling is dat geiten hier niet mesten en urineren.
- Buiten de stal is het belangrijk om mest en urine los van elkaar emissiearm op te slaan. Afdgedekte silo's kunnen al een goede oplossing zijn.
- De stal is natuurlijk geventileerd met de uitlaat in de nok.

9. De blijde geit 2.0



Doorredenerend op het Blijje Geit systeem.

- Een tribune in het midden van de stal (de hoogte in).
- Werken met een traditionele voergang, zodat er veel voerplekken zijn.
- Er wordt daarnaast individueel krachtvoer gegeven.
- Op termijn zal er ook een melkrobot in dit systeem (en in de melkgeitenhouderij als geheel) geïnstalleerd worden.
- Een zone maken die aantrekkelijk is om te mesten en urineren: geiten lopen nu 30-40 meter om te gaan urineren in het stro. Dus ervoor zorgen dat de geiten op de begane grond hun behoefte gaan doen. Liefst een dun strooisel gebruiken dat de geiten motiveert om daar naartoe te gaan.
- Urine door de vloer heen weg laten lopen. De mest er regelmatig afschuiven. Doorredeneren op de welzijnsvloer.

10. Geitenspeeltuin

Een geitenspeeltuin met hoogteverschillen, exploratie, uitdagingen voor geiten. Er is een Deens bedrijf die speciale speeltuinen voor kinderen ontwerpt, ze zouden kunnen meedenken (Kompan). Materialen en oppervlaktes gebruiken die goed schoon te houden zijn. Bij de verhoogde ligplekken kan gedacht worden aan leer of andere materialen die comfort bieden en toch nog doorlatend kunnen werken. Misschien werken met antibacteriële oppervlaktes, geïnspireerd op hoe ze dat in ziekenhuizen doen.

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.

