

31

HET ONTWERP VAN MELKVEESTALLEN

Vlaamse overheid | Beleidsdomein Landbouw en Visserij

HET ONTWERP VAN MELKVEESTALLEN

Entiteit: Departement Landbou en Visserij

Afdeling: Duurzame Landbouontwikkeling

Vertaling: ir. Suzy VAN GANSBEKE

Datum: 10/07/2014

COLOFON

Samenstelling

Entiteit: Departement Landbouw en Visserij

Afdeling: Duurzame Landbouwontwikkeling

Verantwoordelijke uitgever

Jules Van Liefveringhe, secretaris-generaal

Depotnummer

D/2014/3241/223

Lay-out

Afdeling Duurzame Landbouwontwikkeling

Druk

Vlaamse overheid

Voor bijkomende exemplaren neemt u contact op met

Afdeling Duurzame Landbouwontwikkeling

Ellips, Koning Albert II-laan 35, bus 40, 1030 Brussel

Tel. 02 552 78 70

voorlichting@lv.vlaanderen.be

Een digitale versie vindt u terug op

www.vlaanderen.be/publicaties

Aansprakelijkheidsbeperking

Deze brochure werd door het Vlaams Gewest met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Er wordt evenwel geen enkele garantie gegeven omtrent de juistheid of de volledigheid van de informatie in deze brochure. De gebruiker van deze brochure ziet af van elke klacht tegen het Vlaams Gewest of zijn ambtenaren, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze brochure beschikbaar gestelde informatie. In geen geval zal het Vlaams Gewest of zijn ambtenaren aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze brochure beschikbaar gestelde informatie.

De informatie uit deze uitgave mag worden overgenomen mits bronvermelding.

INHOUD

WOORD VOORAF

VOORWOORD

1	INLEIDING.....	1
2	GRONDBEGINSELEN.....	3
2.1	De lichaamsmaten van koeien.....	3
2.1.1	Voor naamste lineaire maten.....	3
2.1.2	Het verband tussen lichaamsmaten en gewicht.....	3
2.2	Overwegingen op het vlak van dierenwelzijn.....	7
2.2.1	Inleiding.....	7
2.2.2	Vrije loopstallen.....	8
2.2.3	Bindstallen.....	11
2.2.4	Omgeving en gezondheid.....	13
2.2.5	Verzorger.....	13
2.2.6	Samenvatting.....	14
2.3	Omgevingsvereisten.....	14
2.3.1	Luchtkwaliteit.....	14
2.3.2	Factoren van het microklimaat en hun invloeden op de dieren.....	15
2.3.3	Optimale waarden en limieten van de omgevingsparameters.....	16
2.3.4	Ventilatiennormen voor rundvee.....	18
3	ASPECTEN VAN HET STALONTWERP.....	21
3.1	Vrije loopstallen.....	21
3.1.1	Inleiding.....	21
3.1.2	Gebuurkte termen.....	21
3.1.3	Ligboxenloopstallen.....	23
3.1.4	Ingestrooide vrije loopstallen.....	29
3.2	Bindstallen.....	38
3.2.1	Inleiding.....	38
3.2.2	Afmetingen van de stalelementen.....	38
3.2.3	Bindstelsels.....	39
3.2.4	Drinkwatervoorziening.....	40
3.2.5	Koetrainers.....	40

3.3	Voedervoorzieningen	41
3.3.1	Inleiding.....	41
3.3.2	Basisafmetingen	41
3.3.3	Voederhek bestaande uit 2 horizontale buizen.....	41
3.3.4	Diagonaal voederhek.....	41
3.3.5	Zweeds voederhek.....	42
3.3.6	Zwaluwstaartvoederhek.....	43
3.3.7	Zelfsluitend voederhek	44
3.3.8	Hooirek	44
3.4	Drinkwatervoorzieningen.....	45
3.4.1	Inleiding.....	45
3.4.2	Drinkwaterbehoefte.....	45
3.4.3	De positie van de kop.....	45
3.4.4	waterkwaliteit en hygiëne	46
3.4.5	Watervoorzieningen	46
3.4.6	Vorst	48
3.4.7	Toegankelijkheid en aantal.....	49
3.5	Bevloering.....	50
3.5.1	Inleiding.....	50
3.5.2	Dichte vloeren	50
3.5.3	Roosters.....	51
3.6	Stal lay-out	52
3.6.1	Inleiding.....	52
3.6.2	Basisregels	53
3.6.3	Ruimte voor circulatie van de dieren.....	54
3.6.4	Ruimte voor voedervoorziening.....	57
3.6.5	Wachtruimte	59
3.6.6	Andere voorzieningen.....	60
3.7	Melkinfrastructuur	64
3.7.1	Melkstallen	64
3.7.2	Toegang en uitgang	66
3.7.3	Andere zones	68
3.7.4	Samenvatting.....	69
3.8	Natuurlijke ventilatie.....	69
3.8.1	Ventilatie als gevolg van de thermische druk.....	69
3.8.2	Windeffect	72
3.8.3	Controle van de lichtsnelheid	72
3.8.4	Recente ontwikkelingen en actuele praktijken	73

4	DUURZAME MELKVEEHOUDERIJ	77
5	REFERENTIES.....	79
	FIGURENLIJST	81
	TABELLENLIJST.....	84

WOORD VOORAF

In 1994 heeft de werkgroep huisvesting van runderen van de Internationale Commissie voor Landbouwtechniek (CIGR) aanbevelingen geformuleerd in verband met het ontwerp van melkveestallen en gepubliceerd in een rapport.

In 2000 werd het rapport vertaald naar het Nederlands door Suzy Van Gansbeke van het toenmalige Ministerie van Middenstand en Landbouw (nu Departement Landbouw en Visserij, Afdeling Duurzame Landbouwontwikkeling).

In deze brochure wordt naast de grondbeginselen (de lichaamsmaten van koeien, overwegingen op het vlak van dierenwelzijn, omgevingsvereisten) vooral aandacht besteed aan de verschillende aspecten van het stalontwerp : vrije loopstallen, bindstallen, voedervoorzieningen, drinkwatervoorzieningen, bevloering, stal lay-out, melkinfrastructuur en natuurlijke ventilatie. Ook het aspect duurzame melkveehouderij komt aan bod. De aanbevelingen zijn overvloedig geïllustreerd met tekeningen.

Het oorspronkelijk rapport is intussen 20 jaar oud, maar omdat bij veel overwegingen is uitgegaan van onveranderlijke principes (zoals natuurlijk gedrag van runderen) en omdat de brochure nog veel gevraagd wordt, en in afwachting van de herwerkte versie waaraan de huidige werkgroep van het CIGR momenteel de laatste hand legt, vind ik het nog steeds opportuun de Nederlandse tekst ter beschikking te stellen van de geïnteresseerde lezer.

Ik wil ir. Suzy Van Gansbeke bedanken voor haar bijzondere grote inzet voor het thema stallenbouw en stalinrichting. Ook Kristine Nagels en Carine Van Eeckhoudt wil ik bedanken voor de lay-out en de eindafwerking van deze brochure.

Meer informatie over de voorlichtingsactiviteiten van de afdeling Duurzame Landbouwontwikkeling vindt u op www.vlaanderen.be/landbouw/voorlichting.

Ir. Johan Verstrynge

Afdelingshoofd

Departement Landbouw en Visserij

Afdeling Duurzame Landbouwontwikkeling

Eerste druk: 2001, 2^{de} druk 2004, 3^{de} druk Juli 2014

SAMENSTELLING VAN DE WERKGROEP IN VERBAND MET HUISVESTING VAN MELKKOEIEN

Voorzitter	Dhr Jeff Owen, Ingenieur Farm Building Research Team, ADAS Reading, Coley park, Reading RG1 6DE, Verenigd Koninkrijk
Vorige voorzitter	Dhr Jan Cermak, Ingenieur Overseas Business Unit, ADAS Guilford, 98 Epsom Road, Guilford, Surrey, GU1 2LD, Verenigd Koninkrijk
Leden van de werkgroep	Dr Helmut Bartussek, Architect Bundersanstalt fur Alpenländische Landwirtschaft, Gumpenstein A-8952 Irnding, Oostenrijk
	Professor William Georges Bickert Department of Agricultural Engineering, Michigan State University, East Lansing, Michigan 48824 – 1323, USA
	Dhr Rob Buré, Ingenieur Instituut voor Milieu en Agrotechniek PO Box 43, NL 6700 AA Wageningen, Nederland
	Professor Umberto Chiappini Universita Degli Studi di Bologna, Istituto di Edilizia Zootechnica, Via F. Lli Rosselli 107 I – 42100 Reggio Emilia, Italië
	Dhr Josi Flaba, Ingenieur Ministerie van Middenstand en Landbouw WTC 3 Simon Bolivarlaan 30, (20 ^{ste} verdieping) B-1000 Brussel, België
	Dr Per Michanek, Dierenarts Swedish University of Agricultural Sciences, Box 945, S220 09 Lund, Zweden
	Dhr Michel Tillie, Ingenieur Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy F-75595 Paris Cédex XII, Frankrijk

Hebben eveneens bijgedragen aan dit rapport:

Dhrn John Dumelow & Callum McKee uit het Farm Building Research Team, Reading.

Dhr Richard R. Stowell van het Agricultural Engineering Department, Universiteit van Michigan en

Dhr Paolo Zappavigna van het Istituto di Edilizia Zootechnica, Universiteit van Bologna.

VOORWOORD

De huisvesting en het beheer van melkveestapels evolueren voortdurend, niet alleen als gevolg van sociale, economische en andere invloedsfactoren, maar ook door de vooruitgang op het wetenschappelijke en technologische vlak. Dit rapport vormt een unieke samenvatting van de praktische kennis en het begrip van de principes met betrekking tot de huisvesting en het beheer van groepen melkkoeien. Het werd voorbereid door gereputeerde professionelen die beschikken over uitgebreide wetenschappelijke kennis en praktijkervaring op het vlak van ontwerp, constructie en beheer van melkstallen in Europa en Noord-Amerika.

De ideeën en aanbevelingen in dit rapport zijn gebaseerd op een amalgaam van goede praktijken, ondersteund door evoluties en experimenten beschreven in de wetenschappelijke literatuur. Er is gepoogd in functie van de noden van de professionele ontwerper en bedrijfsleider, de onderliggende principes aan de basis van een geslaagd ontwerp aan te brengen. De tekeningen en schema's zijn bedoeld om bepaalde ideeën te verduidelijken, en de inhoud ervan mag niet beschouwd worden als vaststaande aanbevelingen of voorschriften. Dit rapport mag niet gezien worden als een overzicht van de literatuur, alleen de belangrijkste informatiebronnen worden geciteerd.

De auteurs van dit rapport zijn afkomstig uit zeven verschillende landen, sommige dichtbij, sommige verder gelegen. Zij zijn vier keer bijeengekomen in een vriendschappelijke sfeer en met een gemeenschappelijk doel voor ogen: beschrijven hoe de mens het best aan zijn verantwoordelijkheden voldoet om de gezondheid en het welzijn van op stal gehouden melkkoeien te bewaken in ruil voor melk, een gezond en natuurlijk product.

Het was een voorrecht bij dit project betrokken te zijn geweest. Ik bedank de leden van de werkgroep voor hun originele bijdrage en de toewijding die zij aan de dag legden. Dank ook aan de organisaties en instanties waaraan zij verbonden zijn, voor de steun aan dit project, dat volgens mij in grote mate bijdraagt aan het verwezenlijken van de doelstellingen van het CIGR.

Jan Cermak
Voorzitter van de Werkgroep
Augustus 1994

1 INLEIDING

De meerderheid van de melkkoeien brengt ongeveer 6 maanden per jaar in de stal door, in sommige gevallen blijven ze zelfs het jaar rond binnen. Het gebouw moet dus zowel de dieren als de verzorger(s) beschermen tegen extreme klimatologische omstandigheden, de omgeving begrenzen wanneer beweiding niet mogelijk is of eenvoudigweg op een gemakkelijke wijze controle en beheer van de kudde toelaten.

Opdat een huisvestingssysteem succesvol zou zijn, moet het beantwoorden aan de ruimtelijke en gedragsbehoeften van de koeien. **Om dit te bereiken moet de stalontwerper begrijpen hoe dieren zich gedragen bij het uitoefenen van routinematige activiteiten zoals het opnemen van water en voeder, neerliggen, opstaan en verplaatsen.** Hij moet ook begrijpen op welke manier dergelijk gedrag beïnvloed wordt door de groep en zich ervan bewust te zijn welke huisvestingskenmerken aanleiding geven tot een verhoogd niveau van agressie. Om de natuurlijke gedragingen te bevorderen moet er voldoende ruimte ter beschikking zijn en moeten de omstandigheden en voorzieningen dusdanig zijn dat agressieve interacties tot een minimum worden beperkt.

De kwaliteit van de stalomgeving beïnvloedt de dierengezondheid. Thermische karakteristieken en de luchtkwaliteit in de stal vereisen grote aandacht omwille van het effect op het thermisch comfort en het op een gezonde manier functioneren van het ademhalingsstelsel. De nethed van de stal en van de dieren beïnvloedt dan weer de melkkwaliteit en het optreden van klinische en subklinische pathologieën.

Het voorstel van de stalontwerper zal zelden worden uitgedrukt volgens bovenvermelde maatstaven. Zijn cliënt, de melkveehouder, zal eerder de stalkenmerken in functie van zijn beperkingen omschrijven. Dergelijke beperkingen kunnen van financiële aard zijn ("ik kan niet meer besteden dan .."), opgelegd worden door het bedrijfsbeleid ("de koeien moeten in 2 groepen worden gescheiden, namelijk laag- en hoogproductieve dieren"), of van eerder sociale aard zijn ("mengmest is uit den boze om klachten van de burens te voorkomen"). Deze beperkingen limiteren de ontwerper in grote mate bij zijn keuzes.

Ook de bouwplaats is een limiterende factor. Beperkingen kunnen van topografische aard zijn (helling, grondsoort, aanwezigheid van bomen, wegen en andere gebouwen,...). Andere houden verband met diensten en voorzieningen (beschikbaarheid van drinkbaar water, elektriciteit en aardgas, ...). Ook omgevingsfactoren en geldende algemene en lokale wetgeving spelen een rol (landschappelijke waarde, afstandsregels, sanitaire eisen, ...).

Ook deze beperkingen beknotten de mogelijkheden van de ontwerper.

Hoewel de ontwerper dus de nodige compromissen zal moeten sluiten om met al deze beperkingen rekening te houden, mag hij in geen geval beknibbelen op de dierengezondheid en het dierenwelzijn. De koeien zijn de 'gevangenen' van hun huisvestingssysteem. Hun gezondheid, welzijn en productiviteit zijn functie van de zorg en aandacht die de stalontwerper heeft besteed om aan hun behoeften tegemoet te komen.

De auteurs van dit rapport zijn al in een vroeg stadium tot de vaststelling gekomen dat veel van de problemen die in een stal kunnen voorkomen het gevolg zijn van een slecht stalontwerp. Dit heeft te maken met een gebrek aan toegankelijke informatie en een verscheidenheid aan gebruikte definities, termen en stalconcepten. Er was dus nood aan een beknopte, internationaal bruikbare en actuele gids op dat vlak. Om aan deze behoefte te beantwoorden, werd dit rapport door de werkgroep opgesteld. Het is bedoeld voor de ontwerper van stallen voor melkkoeien en biedt een samenvatting van relevante informatie aan de hand van verschillende thema's. Bij het samenstellen hebben de auteurs waar mogelijk de aanbevelingen gebaseerd op gefundeerde wetenschappelijke kennis. Zo zijn de ruimtelijke behoeften gestoeld op actuele lichaamsmaten van koeien of analyses van de drie-dimensionale ruimte nodig voor het uitvoeren van bepaalde handelingen. Naast de inleiding en een korte tekst over duurzame melkveehouderij, bestaat het rapport uit drie hoofdstukken:

De grondbeginselen: de basisinformatie over de lichaamsmaten van koeien, gedragingen en welzijns- en omgevingsbehoeften.

Aspecten van het stalontwerp: dit deel behandelt de ruimtelijke behoeften bij verschillende staltypes, specifieke thema's zoals voeder- en watervoorziening, bevloering en ventilatie, en de integratie ervan in een algemene lay-out.

Referenties: de lijst van de geciteerde informatiebronnen.

De leden van de werkgroep van het CIGR 'huisvesting van melkvee' zijn verantwoordelijk voor de redactie van dit rapport, maar werden bijgestaan door John Dumelow en Callum McKee, die secties 3.3 en 3.5 hebben voorbereid, en Richard R. Stowell en Paolo Zappavigna die hebben bijgedragen tot secties 2.3 en 3.8.

Dr Helmut Bartussek dient in het bijzonder vermeld voor al het werk dat hij heeft verzet bij het maken van de figuren en de tekstlay-out van de engelstalige tekst.

2 GRONDBEGINSELEN

2.1 De lichaamsmaten van koeien

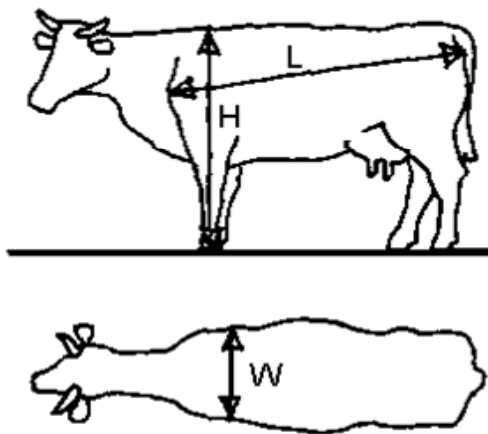
2.1.1 Voornaamste lineaire maten

De kennis van de voornaamste lichaamsmaten en de ruimte die koeien nodig hebben om belangrijke gedragingen uit te voeren (liggen, eten, zich verplaatsen, ...) zijn essentieel voor het ontwerpen van een stal. Melkveehouders meten echter zelden hun dieren vooraleer ze beslissingen nemen met betrekking tot de stal. Om een geslaagde stal te realiseren, moeten de melkveehouders aangemoedigd worden om tenminste de belangrijkste maten van hun dieren te nemen. Deze worden geïllustreerd in figuur 1 en zijn de volgende:

H schofthoogte

L diagonale lichaamslengte

W schouderbreedte



Figuur 1. Belangrijkste lichaamsmaten van koeien

2.1.2 Het verband tussen lichaamsmaten en gewicht

Het levend gewicht en de leeftijd van een dier zijn meestal bekend en worden regelmatig gebruikt bij de evaluatie van zijn ruimtelijke noden. Deze methode is echter niet erg betrouwbaar om een aangepast ontwerp op te baseren, behalve als er een zeer uitgesproken verband bestaat tussen gewicht en lichaamsmaten.

Dit verband varieert in grote mate tussen rassen en tussen individuen binnen eenzelfde ras.

Tabellen 1, 2, 3 en 4, gebaseerd op de beste beschikbare gegevens, illustreren de variatie die gevonden kan worden.

Tabel 1. Lichaamsmaten van koeien volgens Tillie (1986), op basis van gegevens over Britse Friese koeien uit Brown (1977) [Geciteerd door Cermak (1991)]

Gewicht (kg)	H (m)	L (m)
500	1,31	1,58
550	1,35	1,60
600	1,38	1,63
650	1,42	1,65
700	1,44	1,68

Tabel 2. Lichaamsmaten bij verschillende rassen (volgens het Institut Technique de l'Elevage Bovin, Frankrijk, 1982)

Ras	Leeftijd (maanden)	H (m)	L (m)
Salers	36	1,38	1,53
Tarine	36	1,27	1,42
Simmenthal	48	1,36	1,57
Frans Fries	48	1,33	1,55
Normande	48	1,34	1,57
Alpenbruin	45	1,32	1,52
Maine Anjou	45	1,34	1,57
Abondance	45	1,30	1,48
Montbeliard	48	1,36	1,53

Tabel 3. Lichaamsmaten van koeien volgens Tillie (1986), op basis van gegevens over Britse Friese koeien uit Brown (1977) [Geciteerd door Cermak (1991)]

Gewicht (kg)	H [m] min.x max.	L [m] min. x max.	W [m] min. x max.
500	1,20 1,27 1,35	1,37 1,48 1,60	0,38 0,46 0,54
600	1,26 1,33 1,40	1,46 1,57 1,67	0,44 0,52 0,60
700	1,30 1,37 1,43	1,52 1,62 1,73	0,50 0,57 0,65
800	1,32 1,38 1,45	1,54 1,65 1,76	0,54 0,62 0,70

[De vermelde waarden zijn gemiddelden (\bar{x}), en minimum- en maximumwaarden in het betrouwbaarheidsinterval 95% ($\bar{x} \pm 2s$)]

In het derde deel 'Aspecten van het stalontwerp' worden de breedte-, lengte- en oppervlaktematen die in een stal moeten gerespecteerd worden uitgedrukt in functie van de lichaamsmaten H, L en W, zoals hierboven gedefinieerd. Deze methode wordt gevolgd om te garanderen dat de stalafmetingen direct gerelateerd zijn met de lichaamsmaten van de koeien die erin moeten verblijven.

Bij het ontbreken van gegevens over de lichaamsmaten, zal de ontwerper een subjectief oordeel moeten vellen over de grootte van de te huisvesten koeien. Tabellen 1, 2, 3 en 4 kunnen hierbij van nut zijn.

Om een veiligheidsmarge in te bouwen en rekening houdend met de algemene toename in grootte bij het melkvee (waarschijnlijk als gevolg van rasverbetering), wordt een stalontwerp het best gebaseerd op de maten van de grootste koeien uit een veestapel (er wordt aanbevolen om het gemiddelde gewicht van de 20% zwaarste koeien als uitgangspunt te nemen). Tabel 5 ("CIGR Standaard") geeft de aanbevolen maten, te gebruiken bij het stalontwerp wanneer geen reële cijfers voorhanden zijn.

Tabel 4. Lichaamsmaten van verschillende rassen in Oostenrijk, bij een gewicht van 650kg, volgens Jauschnegg (1994): gemiddelde (\bar{x}), minimum en maximum met een betrouwbaarheid van 95% in het interval ($\bar{x} \pm 2s$)

Ras	Min. H (m)	Gemidd. H (m)	Max. H (m)	Min. L (m)	Gemidd. (L) m	Max. L (m)	Min. W (m)	Gemidd. W (m)	Max. W (m)
Simmenthal	1,28	1,35	1,42	1,49	1,60	1,71	0,47	0,55	0,63
Brown Swiss	1,29	1,37	1,46	1,54	1,63	1,72	0,46	0,52	0,58
Holstein-friesian	1,31	1,39	1,48	1,59	1,68	1,78	0,45	0,51	0,57

Tabel 5. CIGR Standaardmaten voor melkvee

Gewicht (kg)	H [m]	L [m]	W [m]
550	1,35	1,61	0,50
650	1,39	1,69	0,55
750	1,42	1,75	0,60

2 GRONDBEGINSELEN

2.2 Overwegingen op het vlak van dierenwelzijn

2.2.1 Inleiding

2.2.1.1 Het gedrag

In de loop van de jaren zeventig, leidde het maatschappelijk debat over dierenwelzijn tot de publicatie van het zogenaamde Brambellrapport. In dit rapport werden enkele fysieke basisbehoeften van dieren, in relatie tot de huisvesting, erkend. Specifiek gaat het om het recht van de dieren op voldoende bewegingsvrijheid om te kunnen opstaan, neer te liggen, zich schoon te maken (likken), rond te draaien en hun ledematen te strekken, en dit zonder hierbij gehinderd te worden.

Sinds de publicatie van dit rapport werd veel onderzoek verricht om gedragsbehoeften en doelstellingen vast te leggen. De belangrijkste onderzoeken om de natuurlijke gedragsbehoeften, inherent aan het dier, te bepalen, verdienen een vermelding. De motivaties van de dieren en de functionele gevolgen van gedragsprocessen zijn de belangrijkste onderwerpen, vanwege hun belang bij het evalueren van dierenwelzijn en het voorspellen en controleren van de omgevingsfactoren die het diergedrag beïnvloeden.

Motivaties

Koeien zijn in hoge mate gemotiveerd om te rusten, te eten, te drinken en zich rond te bewegen. Toch zijn hun noden om bepaalde gedragingen op bepaalde tijdstippen uit te voeren nog niet volledig bekend. In deze context is het model dat door Wiepkema (1982) werd ontwikkeld, relevant. Volgens dit model zal een dier altijd proberen van een gegeven toestand ("Istwert") te evolueren naar een beoogde toestand ("Sollwert"). Slechts wanneer de doelstelling gehaald kan worden, wordt het gedrag op bevredigende wijze beëindigd en is het welzijn verzekerd.

Functionele gevolgen

Als een dier gemotiveerd is, vertoont het één of verschillende gedragspatronen. Volgens het model van Hughes en Duncan (1988) met betrekking tot foerageergedrag, vormen de juiste functionele gevolgen de voornaamste redenen om met het gedrag te stoppen.

Om die reden is bijvoorbeeld het stimuleren van de eetlust (slechts een onderdeel van het hele foerageerproces) niet voldoende. Dit versterkt wel de motivatie maar stelt het dier niet in staat zich te verzadigen. Zelfs de aanwezigheid van de middelen om het gestelde doel te bereiken, is niet altijd voldoende. Als bijvoorbeeld voeder slechts gedurende een beperkte tijd ter beschikking is, zal dit de motivatie eveneens slechts versterken. Alleen het volledig kunnen doorlopen van de gedragscyclus (bij foerageren houdt dit het bereiken van verzadiging in) zal de motivatie voor een langere periode doen verminderen.

Voorspelbaarheid en controleerbaarheid

Bij de discussie over gedragsbehoeften moet steeds rekening worden gehouden met de voorspelbaarheid en de controleerbaarheid (door de koeien) van de omgevingsfactoren. Deze aspecten zijn van cruciaal belang bij het evalueren van stressfactoren. De controle van omgevingsfactoren (zoals deze die de sociale interacties en het moment waarop voeder wordt opgenomen, beïnvloeden), moet optimaal zijn. De voorspelbaarheid van de gevolgen van bepaalde gedragingen moet zo hoog mogelijk zijn. Dergelijke gedragingen moeten zoveel mogelijk tegelijk kunnen uitgevoerd worden (synchronisatie), om frustratie en competitie te vermijden.

Stress

Stress moet binnen bepaalde grenzen worden gehouden, te weinig stress is namelijk even nadelig als te veel stress. Intelligente dieren hebben evenveel behoefte aan een complexe en veranderende omgeving als aan voorspelbaarheid en controleerbaarheid.

Naast negatieve gevolgen van stress op ethologisch en fysiologisch niveau, kan overmatige stress ook het afweersysteem nadelig beïnvloeden en de dieren gevoeliger maken voor infectieziekten. Verveling kan hetzelfde effect teweegbrengen.

2.2.1.1 De gezondheid

In veel gevallen komt de bekommernis om het dierenwelzijn neer op de zorg voor de fysieke gezondheid van de dieren en het vermijden van de nadelige financiële gevolgen van ziekte. Zelfs als men zich beperkt tot het vrijwaren van de dieren van dure ziektes, blijft de situatie complex. Ziektes zijn meestal multifactorieel en de huisvesting is slechts één van de vele invloedsfactoren.

Bovendien is ook de huisvesting geen eenvoudige factor, een huisvestingssysteem bestaat gewoonlijk uit verschillende gecombineerde elementen en kan al dan niet bepaalde details omvatten die bepaalde ziektes kunnen beïnvloeden. Wat men kan doen is nagaan welke invloeden bepaalde details uitoefenen op bepaalde ziektes, bijvoorbeeld "welk effect heeft de lengte van een ligbox op de contaminatie van de ligruimte en wat is de invloed van deze contaminatie op het aantal mastitisgevallen". Zelfs met dergelijke resultaten moet zorgvuldig worden omgesprongen, aangezien een ander ontwerp van ligbox een andere lengte vereist, of de mastitis kan in hogere mate verband houden met andere factoren (zoals immuniteit van de dieren, productiviteit, melkinstallatie, voeder, ...). Om die redenen kunnen voorspellingen op basis van alle verschillende met elkaar gecombineerde staelementen slechts van zeer speculatieve aard zijn.

Bij de onnatuurlijke hoge bezettingsdichtheid van landbouwhuisdieren is het risico op infecties zeer hoog. In sommige gevallen kan dit verhoogd risico worden geneutraliseerd door een verhoogde activiteit van het immuunsysteem. Het gaat erom een evenwicht te vinden. Er is een infectieniveau vereist om de dieren in staat te stellen immuniteit tegen een ziekte op te bouwen, maar niet zo hoog dat de ziekte zich bij immune dieren manifesteert. Ook niet-infectieuze contaminanten zoals stofdeeltjes en ammoniak kunnen schade aanrichten aan het ademhalingssysteem. Dergelijke contaminanten kunnen de weerstand tegen infecties doen verlagen.

2.2.2 Vrije loopstallen

In veel melkveehouderijen blijven de koeien gedurende een groot deel van het jaar op stal. Om die reden is het belangrijk dat, afgezien van het type stal, de gedragsbehoeften (rusten, eten, melken,...) behoorlijk worden vervuld. In vrije loopstallen, gewoonlijk uitgerust met ligboxen of een ingestrooide ligruimte, houdt het recht op bewegingsvrijheid in dat zowel aan de individuele noden als aan de groepsnoden moet worden voldaan.

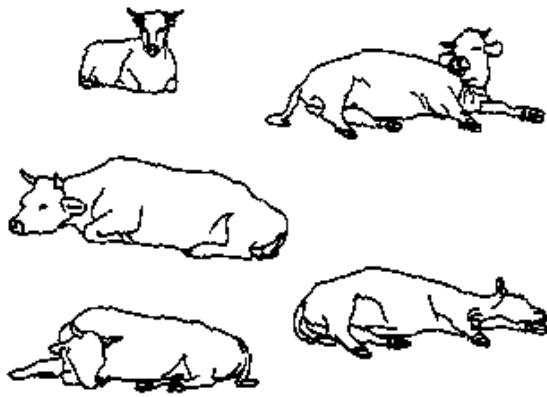
2.2.2.1 Rust

In een vrije loopstal rusten de koeien tussen de 9 en 12 uur per dag.

Het rustgedrag hangt van verschillende factoren af zoals voeder- en melktijdstippen, voederfrequentie en management.

De rustperiode kan verdeeld worden in 'wakkere' rusttijd en 'slapende' rusttijd (met totale spierontspanning). Bij dit laatste moet de koe in staat zijn te liggen met de kop rustend op en gesteund door de schouder, zodat de nekspieren kunnen ontspannen.

Koeien spenderen ongeveer 50% van hun tijd aan liggen, en dit 10-15 keer per dag gedurende 60-80 minuten. De duur van een periode wordt beïnvloed door de omgeving, maar de totale ligduur blijkt vrij constant te zijn. Een koe kan niet te lang onbeweeglijk blijven liggen vooraleer het oncomfortabel wordt. Dit komt door haar gewicht dat grote druk uitoefent op de lichaamsdelen die in contact staan met de vloer. Ze kan slechts gedurende 10-15 minuten volledig op één zijde liggen, omdat de uitgeoefende druk de pulmonaire bloedstroom stoort en door het vrijkomen van gasen in de pens. Figuur 2 toont voorbeelden van posities aangenomen door rustende koeien.



Figuur 2. Natuurlijke rustposities bij koeien (volgens Schnitzer, 1971)

Voor sociale kuddedieren als koeien heeft synchronisatie een grote invloed op hun gedrag en op de groepscompetitie. Om competitie in de gemeenschappelijke ligruimte te vermijden, moet er voldoende plaats zijn voor alle koeien om een ligplaats te vinden en samen neer te liggen. Dit betekent dat er bijvoorbeeld voor elke koe een ligbox ter beschikking moet zijn.

Het gevolg van onvoldoende ligruimte is een verhoogde agressie en/of verstoorde gedragsritmes (eet- en rusttijden). Bovendien zullen koeien die eerder niet konden liggen, zodra ze wel in de mogelijkheid zijn, gedurende langere tijd blijven liggen en hogere behoefte aan rust hebben.

Om verstoringen te vermijden en optimale rustmogelijkheden te bieden mogen ligboxen niet te ver van voeder- en drinkplaatsen verwijderd zijn.

Ligboxen vereisen een aangepast ligbed. Een preferentietest waarbij drie verschillende types bevoering (beton, conventionele rubbermat en zachtere tweelagige rubbermat; telkens voorzien van voldoende zaagmeel) werden vergeleken, toont aan dat koeien in sterke mate een zachter ligbed verkiezen. Ligboxen met dat type bedekking werden 62% van de tijd bezet, in vergelijking met 53% voor de 'harde' mat en 17% voor het beton. Het verschil werd nog duidelijker wanneer het aantal verplaatsingen (bijvoorbeeld wanneer een dominante koe een gedomineerde koe een ligbox doet verlaten om ze zelf in te nemen) werd geregistreerd. Tijdens een observatieperiode van 72 uren gebeurde dit 27 keer per ligbox uitgerust met de zachte mat vergeleken met 3 keer voor de harde mat en geen enkele keer voor het beton. Er moet wel opgemerkt worden dat bij het gebruik van extra grote hoeveelheden strooisel, het effect van de strooisellaag het effect van de vloer daaronder teniet doet, onafhankelijk van het type ligbed.

2.2.2.2 Voeding

Koeien spenderen ongeveer 5 uur per dag aan eten. Om competitie, frustratie en agressie te vermijden, moeten er voldoende eetplaatsen zijn zodat alle dieren tegelijkertijd kunnen eten. Een beperking in het aantal plaatsen kan als gevolg hebben dat ranglage dieren onvoldoende voeder kunnen opnemen en dus minder produceren.

Competitie voor voeder zal erger zijn als het ruwvoeder in beperkte mate wordt verstrekt en/of als het krachtvoeder enkel aan het voederhek kan worden opgenomen. Dit kan vermeden worden door een zelfsluitend voederhek te plaatsen, vooral omdat daardoor een betere verdeling van het krachtvoeder mogelijk is, maar ook door een compleet gemengd rantsoen te voederen.

In sommige gevallen wordt het krachtvoeder verdeeld door een krachtvoederautomaat ('snoepwinkel') en het ruwvoeder aan het voederhek. In dat geval moet de automaat bij voorkeur worden geplaatst in de voederzone of eetruimte (dicht bij het voederhek of in de rij ligboxen gericht naar de voederzone). In de zone waar de ligruimte zich bevindt zou de automaat storend werken.

Een bijkomend voordeel hiervan is dat koeien die de automaat bezet vinden, toch hun gedragsbehoeften kunnen bevredigen door ruwvoeder op te nemen. Een automaat mag geen te kleine porties verdelen, anders wordt de voedermotivatie niet gereduceerd.

De beschikbaarheid van het voeder moet voorspelbaar zijn voor de koeien, om onbeloonde bezoeken aan de automaat te beperken. Als de koeien weten wanneer ze krachtvoeder kunnen krijgen en

wanneer niet, zullen ze heel snel het verband leren tussen een bezoek aan de automaat en het verkrijgen van krachtvoerders.

2.2.2.3 Wateropname

Een koe (Holstein Friesian) drinkt gemiddeld 75 liter water per dag en brengt daarvoor 10-15 bezoeken aan de drinkbak. Een drinkbak van voldoende afmetingen volstaat voor 20-25 koeien, maar er moeten altijd minstens 2 drinkbakken per groep worden voorzien opdat 15% van de dieren tegelijkertijd zouden kunnen drinken. Drinkbakken moeten zo geplaatst worden dat ze gemakkelijk bereikbaar zijn. Er is voldoende plaats nodig opdat gedomineerde dieren zich zouden kunnen terugtrekken als een dominante koe nadert, dus plaatsing in hoeken of aan het einde van een doorgang zijn te vermijden. Drinkbakken naast een ligbox zijn storend en het ligbed zal vochtig worden, dus ook deze locatie is af te raden. De plaatsing aan het einde van een rij ligboxen is een betere optie.

De vervuiling van drinkbakken met faeces of urine moet zoveel mogelijk vermeden worden.

Na het melken zullen de koeien water willen opnemen, een drinkbak mag dan niet te ver uit de buurt zijn, zonder dat hij aanleiding geeft tot een 'opstopping', zoals bijvoorbeeld juist bij de uitgang van de melkstal.

2.2.2.4 Verplaatsing

De vloeren waarop de koeien zich voortbewegen mogen niet glad zijn. Elke 'slippartij' tijdens of als gevolg van confrontaties kan de koeien in een staat van chronische stress brengen.

Gladde vloeren kunnen ook als gevolg hebben dat koeien zich minder gaan verplaatsen, minder bronstverschijnselen vertonen en zich minder inspannen om proper te blijven. Uitgliden is één van de belangrijkste oorzaken van kreupelheid bij melkkoeien.

Er is onderzoek verricht naar slipresistentie in melkveestallen en verschillende oplossingen zijn voorgesteld (zie sectie 3.5). De resultaten van dergelijke onderzoeken kunnen nogal variëren en de voorgestelde oplossingen moeten zich op lange termijn nog bewijzen in de praktijk.

De vervuiling van de vloeroppervlakte met mest doet de wrijving verminderen en maakt de vloer gladder. De vloer proper houden kan dus het glijden doen beperken.

2.2.2.5 Groepsgrootte

De voornaamste beperkende factor van de groepsgrootte is de onmogelijkheid om een stabiele sociale orde in te stellen als de koeien elkaar niet herkennen omdat de groep te groot is. In groepen tot ongeveer 70 dieren blijken de koeien in staat te zijn elkaar te herkennen. In grote groepen kunnen subgroepen ontstaan zodat er toch sociale orde heerst. Een groepsgrootte waarbij sociale chaos ontstaat en waarbij geen subgroepen zijn gevormd, moet vermeden worden.

In de praktijk hangt de groepsgrootte af van managementfactoren zoals toezicht, melken en voederen. De vorming van kleinere groepen binnen de kudde, door de melkveehouder, is meestal gebaseerd op productie en rantsoen of de introductie van kleine groepen varzen die samen zijn opgekweekt.

2.2.2.6 Hygiëne

Aangezien de melk wordt geproduceerd voor menselijke consumptie, is het belangrijk om de koeien proper te houden. Vuil kan via de koe in de melk terechtkomen en vuile uiers geven aanleiding tot meer mastitis.

De uier is echter niet het enige lichaamsdeel van de koe dat proper moet worden gehouden. Koeien vertonen een gedragsbehoefte om zich proper te maken en een nat en vuil haarkleed zal veel van zijn isolerende en beschermende eigenschappen verliezen.

Het proper maken van vuile koeien, zeker vóór het melken, is niet alleen arbeidsintensief maar ook niet doeltreffend. Daarom moeten alle maatregelen worden genomen om het vuil worden te voorkomen. Het is bijvoorbeeld belangrijk om de ligruimte proper te houden, een juist ontwerp draagt daar toe bij. Aanbevolen afmetingen van ligboxen en standen bestaan zowel uit minima als maxima,

een te grote ligbox zal bijvoorbeeld gemakkelijker bevuild worden. Het gebruik van strooisel en de frequentie van het schoonmaken en herinstrooien zijn belangrijk voor de hygiëne van de ligruimte.

Ook de loopruimte moet zo droog en proper mogelijk gehouden worden aangezien het vuil dat door de hoeven wordt meegenomen op het ligbed belandt en de koe zal bevuild. Bovendien kunnen vuile hoeven in contact komen met de uier als de koe neerligt. Natte en vuile loopruimtes verminderen bovendien de duurzaamheid van het hoorn van de klauw en maken de koe gevoeliger voor klauwproblemen.

2.2.2.7 Letsels

In vrije loopstallen komen drie soorten letsels frequent voor: speenletsels, poot- en klauwletsels en andere huidletsels. In het algemeen worden speenkwturesen veroorzaakt door onvoldoende ruimte voor alle koeien om comfortabel te kunnen liggen en door slecht ontworpen boxafscheidingsen of andere staluitrusting. Poot- en klauwletsels zijn vooral het gevolg van niet aangepaste vloeren (zie 3.5) of aan onvoldoende afslijten van de hoef zodat deze overgroeit. Het is belangrijk om de klauwen tweemaal per jaar te kappen en het hoorn harder te maken door chemische behandeling in een voetbad. Huidletsels zijn hoofdzakelijk het resultaat van agressief gedrag, vaak verergerd door te weinig ruimte om gedomineerde koeien toe te laten zich uit de voeten te maken. Het belang van aangepaste dimensionering van alle zones (zie 3.6) wordt bij deze nog eens aangehaald. Agressief gedrag hangt bovendien in sterke mate af van het management, vooral op het vlak van voeding en de competentie van de melkveehouder.

2.2.3 Bindstallen

In bindstallen is de bewegingsvrijheid beperkt. Omdat veel activiteiten zich afspelen in dezelfde ruimte, vormt een bindstal altijd een compromis met betrekking tot de (soms contradictorische) eisen die aan verschillende zones worden gesteld.

Koeien houden bijvoorbeeld van een zachte ondergrond om te liggen, maar verkiezen een harde oppervlakte om te staan; standen moeten bijvoorbeeld smal genoeg zijn om mesten op het ligbed te voorkomen, maar niet te smal opdat het liggedrag niet zou gestoord worden en de koeien niet op hun burens zouden trappen.

2.2.3.1 Liggedrag

Om aan de behoeften tegemoet te komen, moet de staluitrusting de koe in staat stellen alle fases van haar liggedrag uit te voeren. Volgende fases worden onderscheiden:

- **Zoeken:** de aangebonden koeien kunnen hun ligplaats niet kiezen, in tegenstelling tot koeien op de weide en koeien in een ingestrooide loopstal, die gedurende respectievelijk ongeveer 10 en 30 seconden hun favoriete plaatsje kiezen.
- **Voorbereiden:** deze fase, voor de koe zich laat zakken, houdt in dat ze de bodem besnuffelt terwijl ze schommelende bewegingen met de kop maakt. Deze fase eindigt wanneer ze haar voorpoten buigt. Aangebonden koeien spenderen behoorlijk wat tijd aan het onderzoeken van de ruimte voor zich (de enige beschikbare plaats voor verkenning) vooraleer ze gaan liggen. Onderzoek toont aan dat gebonden koeien zich ongeveer 40 seconden voorbereiden vooraleer te liggen, in vergelijking met 8 en 9 seconden bij koeien op de weiden en in een ingestrooide loopstal. Dit kan worden verklaard doordat de gebonden koe, die niet in staat is haar plaats te zoeken en te kiezen, dit compenseert door een langere voorbereidingsfase. Een andere verklaring is dat gebonden koeien door gebrek aan beweging een slechte fysieke conditie hebben en daardoor aarzelen vooraleer zich neer te leggen. Het effect van dagelijkse beweging was regelmatig onderwerp van onderzoek. Eén uur per dag mogelijkheid tot uitloop bleek geen effect op de voorbereidingstijd te hebben. Anderzijds bleek uit een vergelijking tussen koeien die de ganse dag gebonden waren en koeien die dagelijks gedwongen werden 2 000 tot 3 000m te lopen, dat de 'wandelande' koeien zich minder lang op het liggen voorbereidden (65 versus 113 seconden).

Bij het vergelijken van gebonden en niet-gebonden koeien (in identieke standen) werd een 50% kortere voorbereidingstijd gevonden bij de niet gebonden koeien.

Er is gerapporteerd dat oudere koeien meer tijd nodig hebben zich voor te bereiden dan jongere koeien. Primiparen hadden 31 seconden nodig, koeien in tweede lactatie 48 seconden en koeien in derde lactatie 61 seconden. Oudere koeien schijnen dus meer moeilijkheden te hebben als ze zich neerleggen.

- Zich neerleggen: de overgang van een staande naar een liggende houding duurt bij een aangebonden koe gemiddeld 7 seconden. Deze fase wordt in grote mate beïnvloed door het ontwerp van de bindstand. Het bindstelsel, de voorkant van de stand en de zijkanten, kunnen, indien slecht ontworpen, de koeien sterk hinderen. Koeien vastgezet met een automatische beugel hebben meer tijd nodig om te gaan liggen dan koeien die op een andere manier zijn vastgezet. Beugels hebben als nadeel dat ze het normale gedrag bij het liggen, opstaan, rusten en zich schoonmaken, hinderen. Een onderbreking van deze fase, bijvoorbeeld doordat een andere koe een gedeelte van de standplaats inneemt, zal de fase verlengen.
- Rusten/liggen: in een bindstal zijn de mogelijkheden beperkt om bij het liggen een natuurlijke houding aan te nemen. Lange ligperiodes in een bindstal geven gewoonlijk aan dat de koe in kwestie moeilijkheden heeft al ze gaat liggen en opstaan, en zijn geen bewijs van het comfort van de standplaats. Beugels die de koe beletten in een comfortabele positie te liggen, zijn meestal oorzaak van kortere rustperiodes. Het ligbed en het strooisel kunnen grote problemen veroorzaken. Een grote hoeveelheid strooisel, voorzien om de koeien een droge en zachte ligplaats te geven, maakt de vloer oncomfortabel om op te staan, vereist behoorlijk wat arbeid en veroorzaakt problemen bij de afvoer van de mest. Conventionele matten die te hard zijn kunnen de huid beschadigen en te zachte matten slijten te veel af door de klauwen.
- Opstaan: dit gedrag wordt gestoord als de bewegingsvrijheid beperkt wordt. De meest voorkomende oorzaak is het gebrek aan kopruimte. De kopruimte moet de koe in staat stellen de kop naar voor te brengen om op te staan en is zeer belangrijk bij de gevolgde procedure bij het opstaan. Bindsystemen die het gedrag bij het liggen en opstaan belemmeren veroorzaken abnormale bewegingen en minder maar langere rustperiodes.

Er zijn geen aanwijzingen dat de tijd nodig om op te staan verschilt tussen koeien die kunnen rondlopen en koeien die blijven vaststaan. Beugels verhogen in ieder geval de vereiste tijd om op te staan in vergelijking met andere bindstelsels.

2.2.3.2 Hygiëne

De huid- en haarconditie is van vitaal belang voor de gezondheid en de overleving van ieder dier. Omstandigheden die leiden tot vuile koeien zullen dus een negatief effect hebben op de gezondheid en het welzijn. In bindstallen zal altijd veel arbeid vereist zijn om de koeien proper te houden.

Uit een onderzoek waarin bindstanden, ligboxen en voederligboxen werden vergeleken, bleek dat de bindstanden significant vuiler waren dan de boxen.

Elektrische koetrainers, die de koe een elektrische schok geven als ze haar rug naar boven buigt om te mesten of te urineren op het ligbed, kunnen helpen om de koeien rein te houden, maar zijn oorzaak van stress. Er is gevonden dat dergelijke toestellen de voorbereidingstijd verlengen en dat 80% van de schokken niet geassocieerd werden met mesten of urineren, maar met andere activiteiten.

Een goede drainage van de stand en omgeving is belangrijk met het oog op de hygiëne. Roosters verbeteren de hygiëne maar kunnen speenletsels veroorzaken.

2.2.3.3 Stereotiep gedrag

De koe gedraagt zich op een manier die tegemoetkomt aan de meeste situaties die zich in de natuur voordoen. Anderzijds zullen koeien die zich voor een probleem geplaatst zien dat ze niet kunnen oplossen, gestresseerd of gefrustreerd raken.

Als een koe bijvoorbeeld in een bindstal geconfronteerd wordt met een dominante en agressieve buur, is haar natuurlijke respons zich buiten haar bereik te brengen. In vastgebonden toestand is dit onmogelijk en kan de koe in hoge mate gestresseerd worden.

Omwille van hun gebrek aan mogelijkheden om zich natuurlijk te gedragen kunnen gebonden koeien vaak stereotiep gedrag vertonen zoals «spelen met de tong» en stangbijten.

Stereotiep gedrag van acht normaal gebonden vaarzen werd bestudeerd, en dit vóór, tijdens en na het grazen. De vaarzen vertoonden bepaalde stereotiepe gedragingen vóór het grazen (11% van de totale

tijd), geen enkele tijdens het grazen, maar na het grazen toen ze opnieuw gebonden werden, werd het stereotiep gedrag nog frequenter vertoond dan voorheen (25% van de totale tijd).

2.2.4 Omgeving en gezondheid

2.2.4.1 Luchtkwaliteit en verluchting

In stallen is de bezettingsdichtheid groot, de vloer kan bedekt zijn met mest en urine, onder de roosters is mest opgeslagen en er kunnen grote hoeveelheden stof en strooisel voorkomen. Als gevolg daarvan kan de lucht in dergelijke stallen in sterke mate gecontamineerd zijn met anorganisch stof, sporen, schimmels, bacteriën en virussen, gassen, geuren en andere verontreinigingen. Door de lucht overgedragen deeltjes kunnen infecties of allergieën veroorzaken, terwijl de gassen toxisch, verstikkend of irriterend kunnen zijn. Dergelijke verontreinigingen kunnen zeer klein of onzichtbaar zijn en geen geur hebben, zodat men zich van hun bestaan niet bewust is. Ze worden dus gemakkelijk ingeademd. In gebouwen voor rundvee wordt het ergste effect van luchtverontreiniging gevonden bij jonge kalveren waarvan het immuunsysteem nog niet volledig ontwikkeld is. Zij kunnen de hoge infectiedruk niet aan en ademhalingsproblemen komen dan ook frequent voor. Volwassen koeien hebben meer weerstand en zijn in staat dergelijke luchtverontreiniging te verdragen. Toch kunnen, hoewel de koeien zelden klinische symptomen vertonen van ademhalingsziektes, de productie en de algemene gezondheidstoestand eronder lijden.

In melkveestallen zijn problemen op het vlak van luchtkwaliteit gemakkelijk op te lossen. Aangezien koeien zeer goed tegen koude bestand zijn, kunnen hoge ventilatienormen worden ingesteld om de lucht regelmatig te verversen. Natuurlijke ventilatie van stallen (zie 3.8) laat toe de luchtkwaliteit op een aanvaardbaar niveau te houden tegen lage kosten.

Er is nog weinig bekend over dit verband, maar het is wel al duidelijk dat personen die gedurende lange tijd zijn blootgesteld aan de lucht in intensief uitgebate stallen frequenter lijden aan chronische ademhalingsziektes.

2.2.4.2 Licht

Licht is belangrijk in stallen, aangezien dieren moeten kunnen zien om zich normaal te kunnen gedragen (bewegen, eten, liggen). Het is eveneens belangrijk voor de verzorger opdat hij zijn dieren kan observeren en verzorgen. Minimale lichtniveaus (lux), in de vorm van daglicht of kunstlicht, worden aanbevolen voor personen die routinetaken moeten uitvoeren. Daglicht is de goedkoopste bron, daarom wordt aanbevolen dat een gedeelte van het dak of de muren uit lichtdoorlatend materiaal bestaat. In het dak wordt een lichtdoorlatende oppervlakte van 5-10% van de vloeroppervlakte aanbevolen, in de muren een oppervlakte van 10-15% van de vloeroppervlakte. De exacte oppervlakte zal afhangen van de locatie en oriëntatie van het gebouw in kwestie, ten opzichte van de zon. In stallen met grote luchtinlaten kunnen deze al voldoende zijn om genoeg daglicht binnen te laten.

De vruchtbaarheid kan door licht worden beïnvloed. Verschillende observaties tonen aan dat veranderingen van lichtintensiteit en daglengte (door seizoensverandering) effect hebben op de vruchtbaarheid van dieren en vogels. Daglicht in de stal stelt de koeien in staat dergelijke veranderingen waar te nemen.

Zonnestraling (zonlicht) direct op de dieren kan hen in koude omstandigheden verwarmen maar kan tijdens hete periodes voor hittestress zorgen. Direct zonlicht heeft, door de biochemische en thermische effecten van specifieke delen van zijn spectrum, een dodelijk effect op veel biologische (schadelijke) organismen en bevordert dus de hygiëne en de gezondheid.

Er zijn dus goede redenen om dag- en zonlicht toe te laten in de stallen, behalve wanneer bij zeer hete omstandigheden schaduw is vereist.

2.2.5 Verzorger

Het welzijn van de koeien wordt beïnvloed door de behandeling die zij krijgen van de verzorger.

De aanwezigheid van mensen mag geen angst of stress veroorzaken. Een goede verzorger heeft ten opzichte van zijn dieren een aangename, vriendelijke en voorspelbare manier van doen.

Op zijn beurt heeft de verzorger nood aan een goede staluitrusting om mee te werken en moeten zware en saaie taken zoveel mogelijk beperkt worden opdat hijzelf geen stress zou ondervinden. Dergelijke stress zou bovendien op de dieren kunnen uitgewerkt worden.

Hoewel een hoge mate van mechanisatie arbeidsbesparend en -verlichtend werkt, kan het ook negatieve gevolgen hebben. De dieren leggen bijvoorbeeld geen verband meer tussen de verzorger en het verkrijgen van voeder. In dergelijke situaties is het belangrijk dat de verzorger een andere manier vindt om zijn aanwezigheid te koppelen aan een positieve gewaarwording bij de koeien.

2.2.6 Samenvatting

De koeien moeten beschikken over:

- bewegingsvrijheid (alle beperkingen leiden tot abnormaal gedrag);
- voldoende licht om normaal gedrag te vertonen;
- een complexe en veranderende omgeving om verveling te vermijden.

In het geval van vrije loopstallen:

- blinde (doodlopende) gangen moeten vermeden worden;
- er moet voldoende ligruimte zijn voor alle dieren (één ligbox per koe);
- ligboxen mogen zich niet te ver van de voederruimte en de drinkplaats bevinden;
- de ligruimte moet zacht en proper zijn;
- de koeien moeten kunnen liggen met de kop naar achter gedraaid;
- elke koe moet een eetplaats hebben;
- bij het gebruik van een krachtvoederautomaat mag die niet te ver van het voederhek staan,
- drinkbakken moeten gemakkelijk bereikbaar zijn, er mogen geen obstakels in de weg staan;
- er moeten minstens twee drinkbakken per groep beschikbaar zijn;
- vloeren mogen niet te glad zijn.

In het geval van bindstallen:

- een regelmatige uitloop, van minstens één uur per dag, is essentieel;
- automatische beugels zijn te vermijden;
- er moet extra aandacht worden besteed aan het verzorgen van de hygiëne.

2.3 Omgevingsvereisten

2.3.1 Luchtkwaliteit

Runderen moeten, zoals alle levende wezens, continu ademhalen om de zuurstof in de lucht te kunnen gebruiken. Ze zijn gevoelig voor de chemische, fysische en microbiologische eigenschappen van de lucht.

Vanuit chemisch standpunt is de lucht een mengeling van stikstof (78%), zuurstof (20,9%), argon (1%), en koolstofdioxide (0,03%) naast andere gassen in kleine hoeveelheden. De concentratie van CO₂ kan nochtans snel stijgen als de lucht niet voldoende ververst wordt, en dit als gevolg van de ademhaling, hetzelfde geldt voor NH₃ en H₂S uit de fermentatie van de excrementen.

CO₂ is geen toxisch gas, maar bij hoge concentraties verlaagt tegelijkertijd het zuurstofgehalte van de lucht, met negatieve gevolgen voor de dieren. De CIGR-werkgroep 'klimatisatie' beveelt aan de CO₂ concentratie in rundveestallen beneden de 3000ppm te houden, met uitzondering van eventuele toevallige fluctuaties hierboven.

NH₃ is daarentegen een toxisch gas, waarvan concentraties van slechts 25ppm al irritaties van de ogen, neus en slijmvliezen veroorzaken. In ieder geval worden de slijmvliezen van de luchtpijp en de luchtpijpvertakkingen gevoeliger voor virale infecties. Om die reden wordt aangeraden de concentratie

onder de 30ppm te houden. Over het algemeen zal de ventilatie die nodig is om de overtollige CO₂ af te voeren ook volstaan om de NH₃ onder controle te houden. Aangezien NH₃ wordt gevormd bij de fermentatie van dierlijke excrementen, moet zeker opgelet worden bij situaties waarbij deze gedurende langere tijd in de stal worden opgeslagen.

H₂S is een zeer toxisch gas, waarvan een concentratie van 50ppm ernstige schade aan de dieren kan berokkenen.

5ppm wordt aanbevolen als maximale concentratie in een stal. Dit is meestal eenvoudig te verwezenlijken aangezien de productie van H₂S uit de excrementen meestal aan de lage kant is. Bovendien is het gas gemakkelijk oplosbaar en het wordt daarom slechts in beperkte mate door de mest vrijgegeven. Gevaarlijke situaties kunnen echter ontstaan als de mest tijdens het ledigen van de mestputten in beweging wordt gebracht. Sterfte van de dieren bij dergelijke situaties is al voorgekomen.

Stof wordt dikwijls als verontreiniger van de lucht over het hoofd gezien. In stallen worden vrij grote hoeveelheden stof geproduceerd door het strooisel, hooi, droge krachtvoerders, haar en huid, en de droge resten van de mest. Grote hoeveelheden stof kunnen irritaties van de ademhalingswegen en slijmvliezen veroorzaken, de longblaasjes kunnen permanente beschadigingen oplopen en de verspreiding van micro-organismen wordt bevorderd.

Algemeen is de concentratie van stof in melkveestallen vrij laag (0,5-1,0mg/m³), vooral in vrije loopstallen. Zelfs dan is het aantal deeltjes per m³ nog hoog (grootte-orde 10⁵-10¹⁰ deeltjes per m³), en er kunnen dus heel wat bacteriën en virussen met het stof worden meegevoerd.

Om die redenen moet de stofconcentratie beperkt worden gehouden door een goede ventilatie, vooral tijdens het verdelen van stro en hooi.

2.3.2 Factoren van het microklimaat en hun invloeden op de dieren

Aangezien runderen homoiotherme dieren zijn, moeten ze hun lichaamstemperatuur constant houden (38,8°C +/- 0,5°C). Als gevolg daarvan zijn ze gevoelig voor verschillende factoren van het microklimaat die hun thermische uitwisseling met de omgeving beïnvloeden. Deze factoren zijn a) de luchttemperatuur, b) de stralingstemperatuur, c) de lichtsnelheid en d) de relatieve luchtvochtigheid.

De lucht- en de stralingstemperatuur beïnvloeden op een directe manier de warmteuitwisseling van de dieren. Luchtbeweging stoort de luchtlagen rondom het dier en verhoogt het warmteverlies.

Dit is negatief in koude omstandigheden en positief bij hitte. Bovendien verhoogt het de evaporatie (warmteverlies in latente vorm).

De relatieve luchtvochtigheid (RV) is een negatieve factor wanneer ze hoog is. In een koude omgeving leidt een hoge RV tot een nat en dus niet-isolerend haarkleed.

In een warme omgeving verhindert ze de evaporatie, zodat het latente warmteverlies vermindert (de dieren kunnen minder warmte aan de omgeving kwijt).

De verschillende omgevingsfactoren samen, beïnvloeden het dierenwelzijn. Hoge temperaturen zijn draagbaar als de RV laag is en er luchtbeweging is. Een koud of zelfs streng klimaat heeft geen negatieve consequenties als de lucht immobiel is en de RV laag (zeker als de dieren over een dik ingestrooid ligbed beschikken).

2.3.3 Optimale waarden en limieten van de omgevingsparameters

De omgevingsfactoren zijn onderling van elkaar afhankelijk. Maar als de RV en de luchtsnelheid binnen bepaalde waarden worden gehouden (RV tussen 50 en 80%, luchtsnelheid beneden 0,5m/s) wordt de luchttemperatuur de factor met de meeste invloed op de productiviteit. Onder deze omstandigheden kunnen bepaalde temperatuurintervallen worden bepaald waarin de dieren een thermisch evenwicht met de omgeving kunnen bereiken door hun adaptatiemechanismen, zonder effect op hun energiebehoefte (thermoneutrale zone). Binnen deze temperatuurszone, ondervinden de dieren optimale omstandigheden en kunnen ze in functie van hun rantsoen optimaal produceren. De thermoneutrale zone wordt beïnvloed door het rantsoen. Intensief gevoederde dieren zullen bijvoorbeeld een hoge warmteproductie hebben en daardoor zal hun thermoneutrale zone verschuiven naar de lagere temperaturen.

De werkgroep van het CIGR 'stalklimatisatie' heeft de na te streven minimum- en maximumtemperaturen in rundveestallen gedefinieerd (tabel 6). In vrije loopstallen kunnen runderen veel lagere temperaturen verdragen (tot -10°C of lager) maar ze blijven zeer gevoelig voor hoge temperaturen.

Melkkoeien in het bijzonder zijn gevoelig voor te hoge temperaturen. Productieverlies kan optreden bij meer dan 25°C .

De relatieve luchtvochtigheid moet onder de 80% worden gehouden. In een koud klimaat kan de RV gemakkelijk onder deze limiet worden gehouden door aangepaste ventilatie waardoor het overtollig vocht wordt verwijderd.

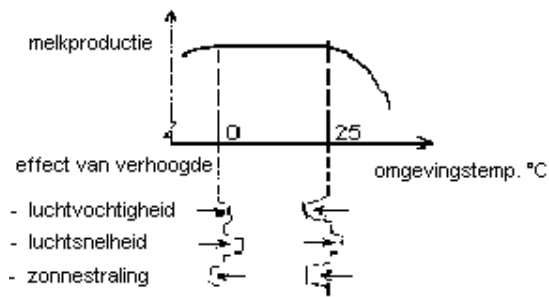
In een warm klimaat is de RV zelfs nog belangrijker omdat de voelbare warmteverliezen in dat geval in hoge mate beperkt worden. Als gevolg daarvan zullen de dieren sterk te lijden hebben wanneer de evaporatie door de hoge RV eveneens wordt belemmerd.

De luchtsnelheid rond de dieren is een andere omgevingsfactor die het thermisch comfort van de dieren bepaalt. Hoge luchtsnelheden verminderen het isolerend vermogen van het haar en de huid, wat positief is in de zomer maar negatief in de winter. Dit effect is moeilijk te kwantificeren omdat het afhankelijk is van verschillende factoren zoals haarlengte, lichaamsmassa, luchttemperatuur enz. Als referentiewaarde kan gesteld worden dat, bij lage temperaturen, elke verhoging van de luchtsnelheid met 1m/s overeenkomt met een verlaging van de luchttemperatuur met $1,5-2^{\circ}\text{C}$ voor dieren met lang haar (30mm) en $3-4^{\circ}\text{C}$ voor dieren met kort haar. In warme omstandigheden is het effect van luchtbeweging minder, ongeveer 1°C voor een toename met 1m/s. Het effect verdwijnt helemaal wanneer de luchttemperatuur even hoog wordt als de huidtemperatuur. Het belangrijkste is het vermijden van tocht in de stal bij koud weer (luchtsnelheid van meer dan 0,2-0,5m/s). Dit is veel schadelijker voor de dieren dan lagere temperaturen bij stilstaande lucht. Anderzijds moet tijdens de zomer luchtbeweging bevorderd worden.

Tabel 7 illustreert het effect van de temperatuur op de melkproductie bij verschillende luchtsnelheden. Figuur 3 toont aan welke invloed een verhoging van de RV, de luchtsnelheid en de zonnestraling bij lage en bij hoge temperaturen heeft op de temperatuur waarbij de productie vermindert.

Tabel 6. Praktische waarden om ventilatienormen te berekenen voor melkvee
(werkgroep 'Klimatisatie' van het CIGR)

Gewicht (kg)	400	400	400	500	500	500	600	600	600	700	700	700
Melkproductie (kg/dag)	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
In de stal												
Laagste praktische t° (°C)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Veronderstelde t° (zomer) (°C)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Veronderstelde t° (winter) (°C)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Veronderstelde RV (winter)	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Producties/dier												
Warmte (W) (zomer)	735	840	945	820	930	1035	905	1010	1115	985	1090	1195
Warmte (W) (winter)	975	910	1025	890	1005	1120	980	1095	1210	1065	1180	1295
Waterdamp (g/u) (zomer)	730	830	935	815	920	1025	895	1000	1105	975	1080	1185
Waterdamp (g/u) (winter)	270	305	345	300	340	380	333	370	410	360	400	440
Voelbare warmte (W) (zomer)	240	270	310	270	305	335	295	330	365	320	355	390
Voelbare warmte (W) (winter)	615	700	790	685	775	860	755	850	930	820	910	1000
CO ₂ (l/u) (winter)	130	150	165	145	165	180	160	180	195	175	195	210



Figuur 3. Effect van de temperatuur op de melkproductie in % van de maximale productie bij de opgegeven luchtsnelheid (Johnson, 1965)

Tabel 7. Invloed van de temperatuur op de melkproductie in % van de maximale productie bij de opgegeven luchtsnelheid (Johnson, 1965)

Luchtsnelheid [m/s]	10 °C	27 °C	35 °C
0,20	100	85	63
2,20	100	95	79
4,00	100	95	79

2.3.4 Ventilatiennormen voor rundvee

Er wordt geventileerd in functie van volgende doelstellingen:

- a) de geproduceerde CO₂ verwijderen;
- b) de geproduceerde waterdamp verwijderen;
- c) de geproduceerde voelbare warmte verwijderen.

Voor doelen a en b wordt het ventilatiedebiet berekend aan de hand van de formule voor de massastroom:

$$q_p = (m_i - m_u) q_v \quad (1)$$

waarin:

q_p = geproduceerde massastroom in de stal (kg / s)
 q_v = ventilatiedebiet (kg droge lucht / s)
 m_i = gehalte in de binnenlucht (kg / kg droge lucht)
 m_u = gehalte in de buitenlucht (kg / kg droge lucht)

Op basis van deze formule kan de formule worden bekomen om het ventilatiedebiet te berekenen:

$$q_v = \frac{q_p}{m_i - m_u} \quad (2)$$

Voor de CO₂-balans:

$$q_{v,c} = \frac{q_{p,c}}{m_{i,c} - m_{u,c}}$$

Voor de vochtbalans (waterdamp):

$$q_{v,w} = \frac{q_{p,w}}{m_{i,w} - m_{u,w}}$$

In tabel 6 worden de CO₂-productie ($q_{p,c}$) en de waterdampproductie ($q_{p,w}$) weergegeven. De waarden voor de CO₂ zijn wel uitgedrukt in volume (l/u) en moeten worden omgezet in massa (kg/s).

Aangezien het voornaamste doel van de ventilatie er uit bestaat de door de dieren geproduceerde voelbare warmte af te voeren, wordt de volgende formule gebruikt (3):

$$q_v = \frac{M_s - A k \Delta t}{c \Delta t} \quad (3)$$

waarin:

- q_v = ventilatiedebiet (kg droge lucht / s)
- M_s = voelbare warmteproductie in de stal (W)
- A = oppervlakte van het dak en de muren (m²)
- k = warmtedoorgangscoefficiënt (W / m²K)
- Δt = temperatuursverschil binnen-buiten (°K)
- c = specifieke warmte van de lucht (J / kgK)

Gegeven dat Δt in de zomer zeer laag is en dat de zonnestraling een warmtestroom genereert naar binnen toe die de uitgaande warmteafvoer neutraliseert, wordt $A k \Delta t$ niet in rekening gebracht. De formule wordt dan:

$$q_v = \frac{M_s}{c \Delta t} \quad (4)$$

De waarde "c" is gelijk aan:

$$c = 1,010 \text{ (J / K per kg droge lucht)}$$

De minimumventilatiernorm wordt berekend aan de hand van formule (2), toegepast voor CO₂.

De zomerventilatie wordt berekend met behulp van formule (4). Tabel 8 geeft de minimale ventilatienormen weer (kolom 1) en de zomerventilatiernormen (kolom 6), voor koeien met verschillende melkproducties.

Er moet hier wel opgemerkt worden dat minimumventilatiernormen in de winter, gebaseerd op de CO₂-balans, alleen gelden in goed geïsoleerde stallen waarin de temperatuur veel hoger is dan de buitentemperatuur.

In de winter staat het minimumventilatiedebiet in relatie tot de minimale temperatuur, in de zomer tot de omgevingstemperatuur. Tussen deze extremen zijn echter verschillende situaties waarbij de ventilatie gebaseerd wordt op de afvoer van waterdamp.

In de praktijk worden niet geïsoleerde stallen gedefinieerd als 'koude' stallen. 'Warme' stallen zijn wel geïsoleerd en de staltemperatuur bedraagt 5-10°C (boven nul). In beide gevallen moet de ventilatie boven de minimumnorm liggen om het vocht te verwijderen en de RV beneden de 80% te houden.

Tabel 8 toont de nodige ventilatie in m³/u bij verschillende klimatologische omstandigheden en voor verschillende soorten stallen. Rij (1) geeft de ventilatienormen om een CO₂-niveau van 3000ppm of lager te krijgen. Dit zijn de minimumwaarden die in alle gevallen gelden. Rijen (2) en (3) refereren aan geïsoleerde 'warme' stallen waarin een temperatuur van 10°C heerst en de RV 80% is, wanneer de RV buiten 100% bedraagt en bij een buitentemperatuur van respectievelijk -10°C en 0°C. Rijen (4) en (5) refereren naar 'koude' stallen waar de staltemperatuur slechts 3°C hoger is dan de buitentemperatuur, de ventilatie wordt weergegeven bij een buitentemperatuur van respectievelijk -10°C en 0°C en waar de RV zowel binnen als buiten 90% bedraagt. Rij (6) geeft de ventilatie nodig om de voelbare warmteproductie van de dieren af te voeren, ervan uitgaande dat de interne temperatuur 2°C hoger ligt dan de externe temperatuur ($\Delta t = 2 \text{ K}$). Dit geeft uiteraard de situatie in de zomer weer.

Tabel 8. Ventilatienormen per koe (m³/u)

Melkproductie (kg/dag)	10	15	20
(1) CO ₂ -balans, (CO ₂ ≤ 3000ppm)	56	62	67
(2) Geïsoleerde stallen* t (buiten) : -10°C	57	64	71
(3) Geïsoleerde stallen* t (buiten) : 0°C	113	126	140
(4) Niet-geïsoleerde stallen** t (buiten) : -10°C	577	647	717
(5) Niet-geïsoleerde stallen** t (buiten) : 0°C	311	348	386
(6) $\Delta t = 2^\circ \text{ K}$	288	344	577

*Geïsoleerde stallen

RV binnen = 80%

RV buiten = 100%

** Geïsoleerde stallen

RV binnen = 80%

RV buiten = 100%

3 ASPECTEN VAN HET STALONTWERP

3.1 Vrije loopstallen

3.1.1 Inleiding

Vrije loopstallen zijn comfortabeler zowel voor de melkveehouder/verzorger als voor de dieren en verhogen zowel de productie als het welzijn. Daarom dient waar mogelijk aan dit type stal de voorkeur gegeven te worden. Twee voorname types stallen kunnen worden onderscheiden:

- de ligboxenloopstal,
- de ingestrooide vrije loopstal.

De ligboxenloopstal: het is essentieel dat elk dier beschikt over een proper, droog en veerkrachtig ligbed. Voor een melkkoe voldoet een goed ontworpen, goed geconstrueerde en goed onderhouden ligbox aan deze vereisten. Een goede ligbox verplicht de koe zich naar achteren uit te strekken bij het staan zodat de excrementen op de mestgang en niet op het ligbed terecht komen. Slechte ligboxen (verkeerd gedimensioneerd) veroorzaken problemen, vooral bij kleine groepen met een grote variatie aan lichaamsmaten (Bockisch, 1989).

Aangezien ligboxen kunnen functioneren met zeer kleine hoeveelheden strooisel, wordt meestal mengmest geproduceerd.

De ingestrooide vrije loopstal: wordt vaak gebouwd in streken waar voldoende stro (of een ander geschikt materiaal) ter beschikking is, of voor kleine kuddes (10-40 koeien) wanneer men bij voorkeur stalmest produceert. Stallen met een geaccumuleerd stro-mestpakket (diepstrooisel) beschikken over een grote, niet ingedeelde ligruimte. Een belangrijk onderdeel van het beheer van dergelijk huisvestingstype bestaat uit het management van het strooiselmateriaal en de geproduceerde stalmest. De stal lay-out en de afmetingen van de ingestrooide ligruimte moeten zodanig zijn dat alle dieren voldoende ruimte hebben om te rusten zonder daarbij door hun soortgenoten gehinderd te worden. Ze moeten ook toelaten dat de koeien zich gemakkelijk naar de voeder- en drinkplaats kunnen begeven. Reinhardt (1980) suggereert dat lichaamscontact bij het liggen een belangrijk element kan zijn bij het reduceren van agressief gedrag.

In praktisch alle klimaatsomstandigheden zijn open frontstallen geschikt voor melkkoeien. Wanneer de omstandigheden het vereisen kunnen de openingen worden bedekt met een geperforeerd materiaal om de ventilatie aan de behoeften aan te passen. De plaats van de vrije / bedekte openingen wordt bepaald door:

- de eigenschappen van het ventilatiesysteem;
- de overheersende windrichting;
- het vermijden van tocht ter hoogte van de dieren;
- de bescherming tegen neerslag;
- het verhinderen of het toelaten (in functie van het klimaat) dat zonnestraling in het gebouw valt.

3.1.2 Gebruikte termen

Algemeen

Vrije loopstal: stalsysteem waarbij de koe vrij kan bewegen, bestaat gewoonlijk uit een ligruimte (met of zonder ligboxen) en een eet- en loopgang of -ruimte waarin de koeien kunnen staan of zich verplaatsen.

Melkinfrastructuur: de lokalen waarin wordt gemolken (melkstal), en waarin alle materiaal om te melken, schoon te maken en de melk op te slaan (melkhuisje) zich bevindt.

In het geval van ingestrooide vrije loopstallen

Diepstrooiselbed: ingestrooide ligruimte zonder obstakels, voor een groep koeien of de ganze kudde. Het strooisel wordt verdeeld op de bodem, die hetzij vlak is, hetzij een kleine helling heeft ($\leq 2\%$). Mest en stro vermengen zich tot een dik pakket waarop steeds vers strooisel wordt aangebracht. Het geheel wordt verwijderd wanneer de noodzaak zich voordoet (gewoonlijk 2 keer per jaar).

Systemen met meer dan twee zones: hierbij is meer dan één ruimte voorzien voor de voeding en de beweging van de dieren. Dergelijke extra ruimtes kunnen zich eventueel in de open lucht bevinden (uitloop) (zie 3.6).

Systemen met twee zones: hierbij is naast de ligruimte een andere vrij toegankelijke ruimte (eet-, loop en mestruimte) voorzien met voldoende plaats voor de voeding en beweging.

Ingestrooide helling: ingestrooide ligruimte zonder obstakels, voor een groep koeien.

De vloer heeft een helling van 6-10%. De bewegingen van de koeien doen het stro-mestpakket verplaatsen langs de helling naar het diepste punt waar het verzameld wordt.

In het geval van ligboxenloopstallen

- Strooiselstop: dit zijn balken of buizen aan de achterkant van de ligbox die het strooisel op het ligbed houden.
- Knie- (of borst)boom: houten plank (recht of afgerond) of betonnen drempel vooraan op het ligbed. Hij verhindert de koeien te ver naar voor te liggen en houdt het strooisel aan de voorkant van de ligbox tegen. Hij laat ook toe het strooiselmateriaal voor het ligbed te stockeren (tussen de muur en de knieboom).
- Ligboxen: individuele plaatsen waar de koeien een voldoende proper, droog en veerkrachtig ligbed vinden om te liggen. De koe is vrij de ligboxen te betreden en te verlaten.
- Ligbed: permanent of semi-permanent materiaal dat de vloer van de ligboxen vormt. Meestal wordt beton, klei of hardhout gebruikt.
- Strooisel: elk los materiaal dat op de vloer wordt gestrooid om het koecomfort of de hygiëne te verbeteren. Gewoonlijk wordt stro, zaagmeel, houtkrullen of zand gebruikt.
- Ligbedbedekking: bovenste laag van het ligbed of laag op het ligbed aangebracht. Het gaat om rubber matten, verschillende soorten synthetische matten en matrassen, asfalt enz.
- Ligboxafscheiding: scheidt twee aanpalende ligboxen en stuurt de houding van de koeien zonder ze te veel in hun bewegingsvrijheid te beperken. Als er in de ligbox vooraan te weinig kopruimte is om de kop bij het opstaan naar voor te brengen, moet de onderste buis van de afscheiding toelaten dat de koe haar kop in de richting van de naburige box brengt bij het opstaan. De verschillende types afscheidingen zijn vastgemaakt op verschillende manieren:
 - aan het ligbed met verticale buizen,
 - zwevend aan de voorkant van de ligbox,
 - aan de voorkant van de ligbox en achteraan aan het ligbed.
- Drempel: scheidt de ligbox van de mestgang en verhindert dat de mest op het ligbed terechtkomt. Hij kan dienen als steun voor het ligbed en verankering van de achterste voet van de afscheiding. Normaalgesproken stapt de koe over de drempel om de ligbox te betreden. De drempel verhindert bovendien de koe om de ligbox achterstevoren in te gaan.
- Schoftboom: een vooraan op schofthoogte op de bovenste buis van de afscheiding geplaatste buis (of band) die als doel heeft te verhinderen dat de koeien op het ligbed urineren of mesten. Hij verplicht de koe zich bij het opstaan naar achteren te verplaatsen en verhindert ze bij het staan te veel naar voor te komen. Hij mag de dieren echter niet kwetsen. Te laag geplaatste schoftbomen die de koe hinderen bij het opstaan en letsels veroorzaken aan de nek of de rugwervels, moeten zeker vermeden worden. De schoftboom kan deel uitmaken van de structuur en de stevigheid van zwevende boxen verhogen.

- **Kopboom:** is een buis vergelijkbaar met de schoftboom, maar verder naar voor en lager geplaatst. Hij belet de koeien onder de schoftboom te kruipen.

3.1.3 Ligboxenloopstallen

3.1.3.1 Inleiding

In dit type stal is de ligbox een uiterst belangrijk omgevingselement, met een grote invloed op het koecomfort, de properheid en de gezondheid. De koeien moeten in de ligboxen een reïne, comfortabele ligplaats vinden waar ze zonder problemen kunnen gaan liggen en opstaan. Bijkomende overwegingen hebben te maken met het voorkomen van letsels, reinheid, strooiselbehoefte, arbeid en duurzaamheid van het materiaal.

Opdat de koeien de boxen optimaal zouden benutten, moet aan bepaalde voorwaarden worden voldaan. Anders gaan de koeien liggen op de mestgang of elders. Bovendien geven natte, vuile ligboxen aanleiding tot een verhoogde frequentie van mastitisgevallen als gevolg van de omgeving. Het is van het hoogste belang voldoende aandacht te schenken aan de constructie van de ligboxen, met inbegrip van de interacties met de andere stalonderdelen. Ook het onderhoud van de ligboxen is uiterst belangrijk.

3.1.3.2 Ontwerp

3.1.3.2.1 Ontwerpcriteria

De ligbox moet voldoende lang zijn zodat de koe in comfortabele omstandigheden kan rusten, maar ook kort genoeg om haar te beletten mest en urine op het ligbed te deponeren. Een kortere ligbox verhindert de vervuiling achteraan het ligbed, wat belangrijk is voor de uiergezondheid. Een te korte ligbox zal daarentegen de koeien dwingen over de drempel te liggen met een hogere kans op letsels en vuile uiers tot gevolg.

De ligbox moet breed genoeg zijn opdat de koe comfortabel zou liggen, maar smal genoeg opdat ze zich niet zou kunnen omdraaien. Bovendien moet de ligbox het natuurlijk gedrag bij het opstaan bevorderen. De koe mag niet zodanig in contact komen met de afscheidingen dat er letsel wordt veroorzaakt.

Dit is vooral belangrijk als ze zich neerlegt, aangezien de laatste fase in dit proces niet beheersbaar is.

Bij het opstaan beweegt de koe naar voor om haar gewicht meer voorwaarts te brengen. Dan strekt ze de achterste ledematen vooraleer de voorste poten worden gestrekt. Om deze verplaatsing van haar gewicht naar voor te vergemakkelijken, brengt ze haar kop naar voor terwijl ze zich uitrekt (zie figuur 4). Als een te korte ligbox de beweging naar voor beperkt of als de koe te ver naar voor is gaan liggen (door het ontbreken van of een verkeerd geplaatste knieboom) zal de koe het moeilijk hebben om op te staan. In veel gevallen is niet voldoende kopruimte voorzien.

De ruimte die een koe nodig heeft om te gaan liggen of op te staan bestaat uit (figuur 4):

- (i) de zone voor de romp, d.w.z. van de staart tot de voorkant van de voorste knieën;
- (ii) de zone voor de kop bij het liggen, d.w.z. de ruimte bezet met de kop in liggende toestand;
- (iii) de zone voor de kop bij het opstaan, d.w.z. de extra ruimte nodig voor de beweging naar voor bij het opstaan.

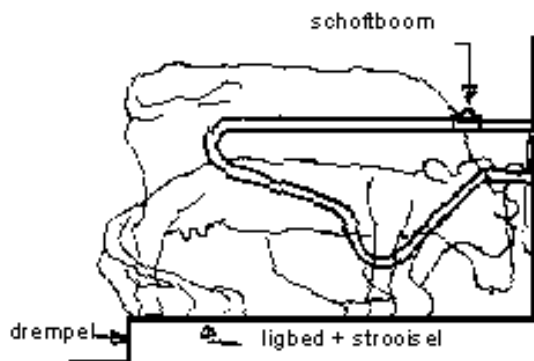


Figuur 4. Natuurlijke bewegingen van een koe bij het opstaan

Het ligbed en de bedekking moeten soepel zijn en relatief droog blijven.

3.1.3.2.2 Ligboxen met gedeelde ruimte

Om op te staan kunnen koeien ook gebruik maken van de bereikbare ruimte in naburige ligboxen. Figuur 5 is een afbeelding van een ligboxafdeling die dit toelaat. De opening onder de onderste buis aan de voorkant laat toe dat de koe de kop beweegt in de richting van de naburige box.



Figuur 5. Ligboxafdeling die toelaat de ruimte in de naburige box te benutten

Kop-aan-kop-ligboxen bieden dezelfde mogelijkheid, waarbij de tegenoverliggende box als extra kopruimte wordt gebruikt, op voorwaarde dat de box juist geconstrueerd is (afwezigheid van een buis die de beweging belet).

3.1.3.2.3 Ligboxen zonder gedeelde ruimte (tegen de wand)

Als er geen gedeelde ruimte is MOETEN de ligboxen voldoende lang en breed zijn om normale bewegingen toe te laten, in het bijzonder bij het opstaan.

Bij dergelijke boxen is een knieboom nodig om te verhinderen dat de koe te diep in de ligbox gaat liggen. De schoftboom verhindert de koe te ver naar voor te staan.

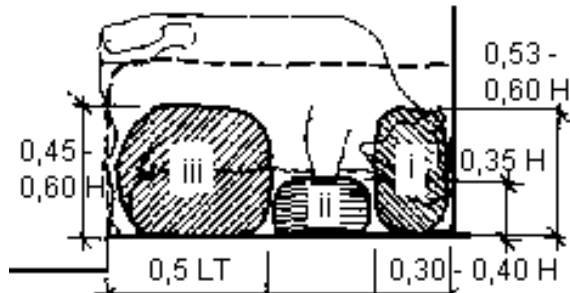
Te brede ligboxen zijn oorzaak van problemen: de koeien kunnen zich diagonaal leggen en kleine koeien kunnen zich omdraaien. Beide situaties leiden tot natte, vuile ligbedden.

3.1.3.2.4 Afscheidingen

Afscheidingen lopen van de voorkant tot 400mm van de mestgang (om te verhinderen dat koeien het achterste deel van de ligbox gebruiken om op te lopen). De afscheiding moet hoog genoeg zijn om het omdraaien te verhinderen.

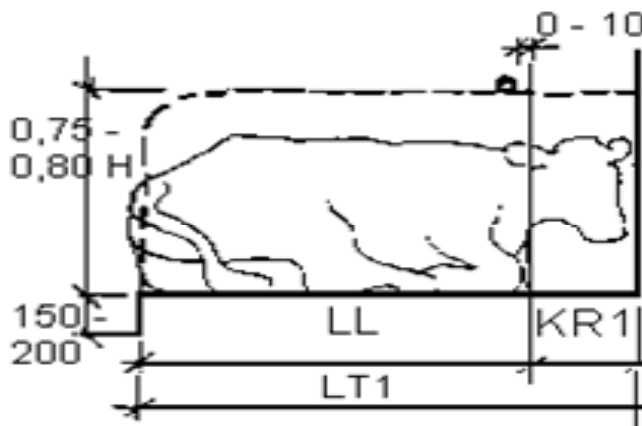
Afscheidingen moeten over 3 vrije zones beschikken (figuur 6):

- (i) de zone voor de kop;
- (ii) de zone ter controle van het liggedrag (klein genoeg opdat koeien niet onder de afscheiding kunnen liggen, groot genoeg opdat de poten niet klem zouden komen te zitten);
- (iii) de zone voor het bekken die schade aan de heupen en ribben moet voorkomen.

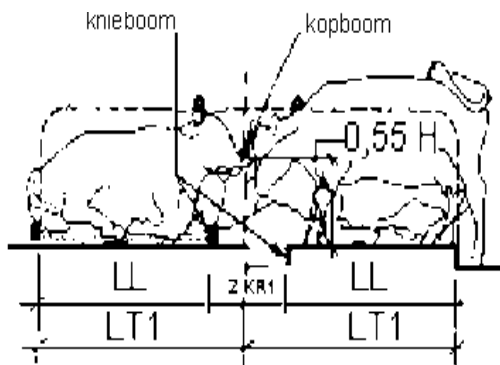


Figuur 6. De drie vrije zones van de afscheidingen (H = schofthoogte, LT = lengte totaal)

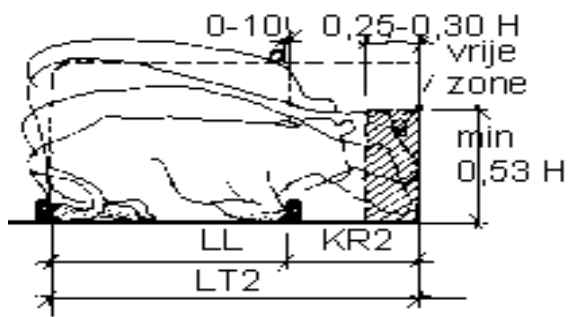
Figuren 7 en 8 geven respectievelijk de afmetingen weer van ligboxen met zijdelingse gedeelde ruimte en kop-aan-kop-gedeelde ruimte. In figuur 9 is een ligbox afgebeeld zonder gedeelde ruimte.



Figuur 7. Ruimtelijke definitie van ligboxen met zijdelings gedeelde ruimte



Figuur 8. Kop aan kop ligboxen



Figuur 9. Ruimtelijke definitie van ligboxen zonder gedeelde ruimte

3.1.3.2.4 Basisafmetingen van ligboxen

Alle maten zijn uitgedrukt in meter en zijn functie van de lichaamsmaten L en H (in meter) die werden besproken in sectie 2.1.

Minimumbreedte van de ligbox (Bm)

De minimumbreedte wordt berekend aan de hand van formule (1) en staat voor de vrije afstand tussen twee afscheidingen.

$$Bm = 0,83 H \quad (1)$$

(Bm mag niet groter zijn dan 0,9 H)

Lengte van het ligbed (LL)

Wordt berekend door formule (2)

$$LL = 0,92 L + 0,15 \quad (2)$$

De constante 0,15 vertegenwoordigt de extra ruimte die nodig is opdat een koe al liggend van houding kan veranderen (zie 2.2.2.1).

Kopruimte (KR)

Is de lengte van de vrije zone waarover de koe moet beschikken om de kop naar voor te bewegen bij het opstaan. Deze lengte staat in verhouding tot de schofthoogte H. Deze lengte wordt bepaald voor 2 situaties: KR1 voor ligboxen met gedeelde ruimte en KR2 voor ligboxen zonder gedeelde ruimte.

$$KR1 = 0,32 H \text{ [gedeelde ruimte]} \quad (3)$$

$$KR2 = 0,56 H \text{ [zonder gedeelde ruimte]} \quad (4)$$

Totale ligboxlengte (LT)

Dit is een belangrijk gegeven op het vlak van de geometrie van ligboxen en wordt bekomen door de waarden LL en KR1 of KR2 bij elkaar op te tellen. Formule (5) geldt voor boxen met gedeelde ruimte en formule (6) voor boxen zonder gedeelde ruimte.

$$LT1 = (0,92 L + 0,15) + (0,32 H) \quad (5) \text{ [gedeelde ruimte]}$$

$$LT2 = (0,92 L + 0,15) + (0,56 H) \quad (6) \text{ [zonder gedeelde ruimte]}$$

Typische afmetingen van ligboxen (CIGR standaard)

Tabel 9 geeft berekende waarden weer voor koeien met 3 verschillende lichaamsmaten op basis van de CIGR-standaard (zie tabel 5 sectie 2.1).

Tabel 9. Ligboxafmetingen: minimale breedte Bm, lengte van het ligbed LL en totale lengte van de ligbox LT volgens formules (1), (2), (5) et (6)

Gewicht [kg]	H [m]	L [m]	Bm [m]	LL [m]	LT1 [m]	LT2 [m]
550	1,35	1,61	1,12	1,63	2,06	2,39
650	1,39	1,69	1,15	1,70	2,15	2,48
750	1,42	1,75	1,18	1,76	2,21	2,56

Om te vermijden dat grotere koeien letsels oplopen worden de afmetingen best bepaald op basis van de gemiddelde maat van de 20% grootste koeien in de groep. De melkveehouder zal enige aandacht moeten schenken aan de kleinste dieren om de problemen als gevolg van te grote boxen te vermijden.

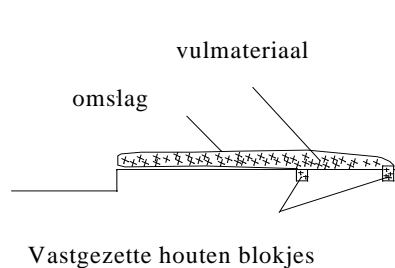
3.1.3.2.5 Het ligbed

Het ligbed moet, samen met de ligbedbedekking en het strooisel, een veerkrachtige, propere en droge oppervlakte vormen. Het moet het koegewicht steunen en bestand zijn tegen uitholling door de hoeven bij het opstaan.

De constructie en het onderhoud moeten dusdanig zijn dat de voor de drainage beoogde helling wordt verkregen. Een helling van 4% naar de mestgang toe, stimuleert de koeien om met de kop in de juiste richting te gaan liggen en verzekert de afvoer van de vloeistoffen.

De keuze van het strooisel heeft gevolgen voor de mestopslag en –behandeling. Het gebruik van kort en fijn materiaal beperkt de hoeveelheid strooisel die in de mestgang terecht komt.

Het gebruik van strooisel direct op beton verzekert geen soepel en comfortabel ligbed. Matrassen uit verschillende lagen waarbij vulmateriaal (stro, rubber, synthetische vezels,...) wordt omsloten door een laag kunststof, worden met succes gebruikt, maar vereisen ook kleine hoeveelheden strooisel (figuur 10). Matten (rubber of kunststof in één laag) zijn minder interessant, want kunnen oorzaak zijn van verwondingen (dikke hakken).



Figuur 10. Ligbed met matras

De ligboxen moeten tweemaal per dag geïnspecteerd worden, waarbij vochtig strooisel en mest worden verwijderd. Minstens tweemaal per week moet vers, droog en proper strooisel worden aangebracht. Ook de mestgangen moeten regelmatig worden schoongemaakt. Als de hygiëne van de ligboxen wordt verwaarloosd en ze te nat zijn of teveel met mest vervuild worden, kan de populatie aan infectieuze bacteriën boven een kritieke waarde uitgroeien. Een toename van uierontstekingen is het gevolg.

Het ligbed situeert zich boven de mestgang door de constructie van een drempel van 180-200mm hoog. De uiteindelijke hoogte en de constructie zijn afhankelijk van de manier waarop de mest uit de mestgang wordt verwijderd, bijvoorbeeld met een mestschuif of door spoelen. Zeer lange mestgangen vragen een hogere drempel opdat de mest tijdens het uitmesten niet zou 'overlopen' in de ligboxen. De drempel moet hoog genoeg zijn om de koe te ontmoedigen half in - half uit de ligbox te liggen. Een te hoge drempel kan de uiers kwetsen wanneer de koeien in en uit de box stappen.

Als het ligbed van minder permanent materiaal is gemaakt zoals klei, moeten de gaten die door de activiteiten van de koeien worden gemaakt, regelmatig worden gevuld. Een relatief vlak oppervlak vergemakkelijkt het liggen en opstaan en biedt meer comfort.

Zowel de afscheidingen als de andere onderdelen moeten in goede staat worden gehouden.

3.1.3.3 Ventilatie

Bij warm weer verkiezen de koeien de ligboxen waarin veel luchtbeweging is. Daarom moet de stal in de zomer goed worden verlucht en moeten de voorkanten van de ligboxen en de afscheidingen voldoende open zijn om de lucht door te laten.

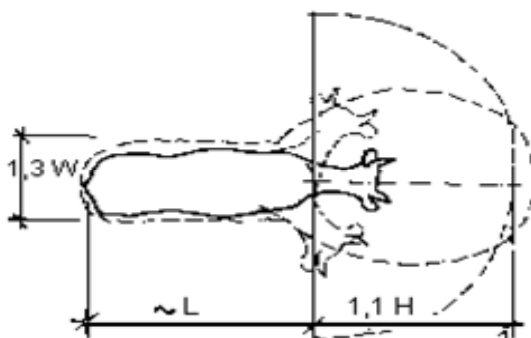
Als de luchtcirculatie door hoge temperaturen onvoldoende is, kunnen koeien een ligplaats buiten de ligboxen verkiezen. Meestal zoeken ze dan een nat oppervlak om af te koelen. Dergelijke oppervlakken zijn echter meestal vervuild met urine en mest, dus deze situatie valt te vermijden.

3.1.4 Ingestrooide vrije loopstallen

3.1.4.1 Vereiste ruimte om te rusten en te bewegen

Per koe bestaat de minimale oppervlakte uit deze nodig om te liggen plus deze die nodig is om zonder problemen (verwondingen / agressieve interacties) van de ligruimte naar de voeder- en drinkplaats te gaan. De totale ruimte voor een groep koeien hangt af van verschillende factoren.

Er bestaan empirische (op ervaring gebaseerde) waarden voor de ruimte die individuele koeien nodig hebben. Figuur 11 toont de oppervlakte nodig voor een staande koe, deze bestaat uit de iets vergrote projectie van het lichaam op de grond plus een grotere tolerantiekring voor de kop. Figuur 12 geldt voor een liggende koe, terwijl figuur 13 de dynamische ruimte bij het opstaan voorstelt. Deze is ongeveer 1m langer dan de lengte ingenomen bij het liggen.



Figuur 11. Nodige oppervlakte voor een staande koe

Men zou kunnen veronderstellen dat in gesloten loopstallen, met een ligruimte die aan de voederzone (eetruimte) paalt (2 zones), de minimale ligruimte overeenkomt met de totale oppervlakte ingenomen door alle liggende koeien, uitgebreid met de extra ruimte die elke koe zich toeëigent met betrekking tot haar burens (figuur 11).

Voor een Friese koe zijn deze oppervlaktes respectievelijk 2,2 en 3,5m², wat een totaal geeft van 5,7m² per dier. Nochtans blijkt uit ervaring dat een grotere oppervlakte vereist is om de ingestrooide ruimte droog te houden, onafhankelijk van de gebruikte hoeveelheden strooisel.

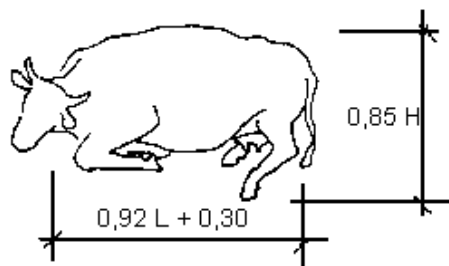
Er is bovendien extra ruimte nodig voor beweging en de verplaatsing naar het voeder, water en de melkstal (zie sectie 3.6). Er wordt aangenomen dat deze oppervlakte gelijk is aan deze ingenomen door een liggende koe.

Als er een niet ingestrooide, vrij toegankelijke loopruimte (meervoudige zones) beschikbaar is waar de dieren kunnen bewegen, herkauwen, voeder opnemen en zich verzorgen, kan de ingestrooide ruimte kleiner worden genomen (echter nooit beneden de 5,7m² per dier). Dit is mogelijk omdat bepaalde gedragsbehoeften buiten de ligruimte kunnen worden bevredigd.

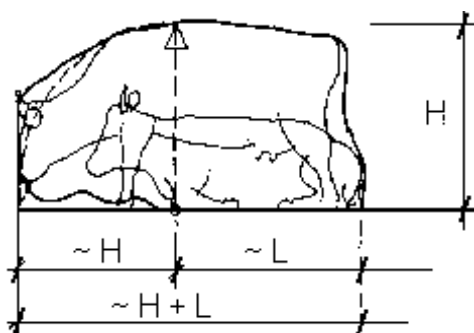
Het blijkt dat dezelfde vermindering van de oppervlakte mogelijk is bij hellende vloeren, aangezien in dat geval de koeien volgens een meer geordend patroon gaan liggen (Keck et al., 1993).

Op basis van ervaringen in Frankrijk, Zwitserland en Oostenrijk werd een methode voor het berekenen van minimale oppervlaktes voorgesteld.

De waarden L, H en W zijn deze gedefinieerd in sectie 2.1 en alle waarden zijn uitgedrukt in m² per koe.



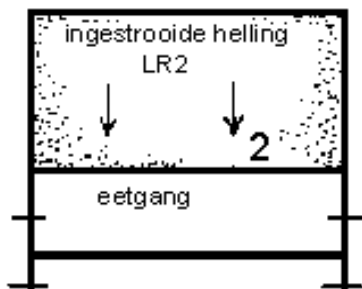
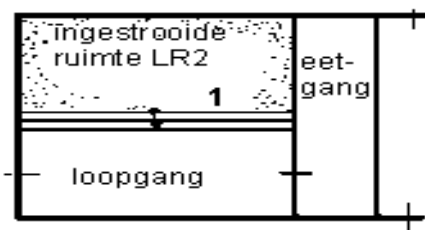
Figuur 12. Minimale oppervlakte voor een liggende koe



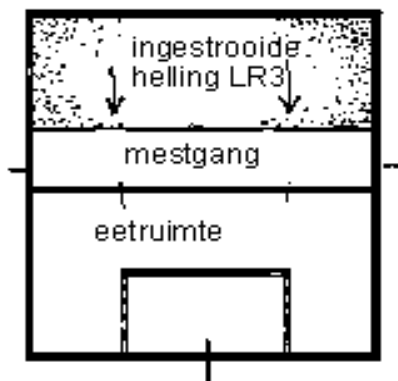
Figuur 13. Dynamische oppervlakte voor een koe bij het opstaan



Figuur 14. Systeem met 2 zones en ingestrooide ligruimte



Figuur 15. Systeem met meervoudige zones (1) en met 2 zones en hellende vloer (2), telkens met ingestrooide ligruimte



Figuur 16. Systeem met meervoudige zones en hellende vloer

Oppervlakte van de ligruimte (LR)

De vereiste oppervlakte om op te staan en te gaan liggen wordt berekend in functie van de lichaamslengte en de lengte nodig om de kop naar voor te bewegen, vermenigvuldigd met de breedte die nodig is om comfortabel te kunnen liggen (figuur 13). Dit is de strikte ligruimte, zijnde (A):

$$LR = [0,85 H (H + L)] \quad \text{(A)}$$

De oppervlakte waarbij rekening wordt gehouden met het gedrag bestaat uit de oppervlakte van een liggend dier (figuur 12) namelijk:

$$[0,85 H (0,92 L + 0,30)]$$

plus de tolerantieruimte die het dier zich toeëigent (figuur 11) namelijk:

$$[(1,1 H)^2 \pi/2]$$

dit geeft de volgende formule:

$$LR' = [0,85 H (0,92 L + 0,30)] + [(1,1H)^2 \pi/2] \quad \text{(B)}$$

Deze oppervlakte vertegenwoordigt het minimum aan noodzakelijke ligruimte. Het is deze formule die gebruikt moet worden om de effectieve oppervlakte van de totale ligruimte te bepalen.

De verhouding tussen de echte 'strikte' ligruimte (A) en de oppervlakte waarbij rekening wordt gehouden met andere bewegingen (B) levert coëfficiënten op van respectievelijk:

1,65 voor de ligruimte LR1

1,38 voor de ligruimte LR2

1,10 voor de ligruimte LR3

Uit deze gegevens worden de minimale oppervlaktebehoeften voor de ligruimte LR1, LR2 en LR3 afgeleid.

(a) Systeem met 2 zones (zie figuur 14)

$$LR1 = 1,65 [0,85 H (H + L)] [2 zones] \quad \text{(7)}$$

(b) Systeem met meervoudige zones en met 2 zones en hellende vloer (zie figuur 15)

$$LR2 = 1,38 [0,85 H (H + L)] \quad \text{(8)}$$

[> 2 zones of helling met 2 zones]

(c) Systeem met meervoudige zones en hellende vloer (zie figuur 16)

$$LR3 = 1,10 [0,85 H (H + L)] \quad \text{(9)}$$

[helling en > 2 zones]

Totale oppervlakte (TO): lig- en loopruimte

Op eenvoudiger wijze en opnieuw gebaseerd op de lichaamsmaten L, H en W, kan de totale oppervlakte TO1 (diepstrooisel) en TO2 (helling) worden berekend met volgende formules:

$$TO1 = 9 L W \text{ [diepstrooisel]} \quad (10)$$

$$TO2 = 8 L W \text{ [helling]} \quad (11)$$

Typische oppervlakte voor de ligruimte en totale oppervlakte in ingestrooide vrije loopstallen (CIGR-Standaard)

Tabel 10 bevat de berekende ligruimte en totale oppervlakte voor melkkoeien voor de verschillende systemen en voor koeien van verschillend postuur (zie 2.1, tabel 5).

Tabel 10. Totale oppervlakte en ligruimte berekend met formules (7), (8), (9), (10) en (11)

H (m)	L (m)	W (m)	LR 1 (m ² /koe)	LR 2 (m ² /koe)	LR 3 (m ² /koe)	TO 1 (m ² /koe)	TO 2 (m ² /koe)
1,35	1,61	0,50	5,6	4,7	3,8	7,2	6,4
1,39	1,69	0,55	6,0	5,0	4,0	9,4	7,4
1,42	1,75	0,60	6,3	5,3	4,2	9,5	8,4

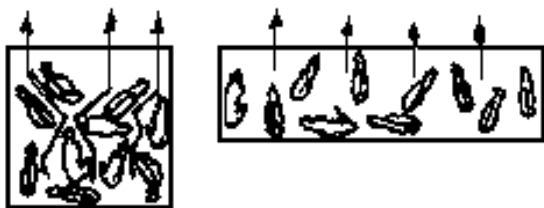
LR: ligruimte

TO: totale oppervlakte (liggen + bewegen)

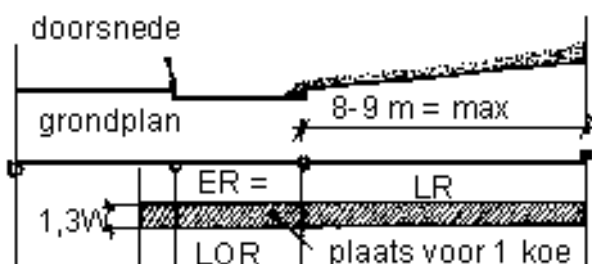
3.1.4.2 Ontwerp

3.1.4.2.1 Vorm van de ingestrooide ligruimtes

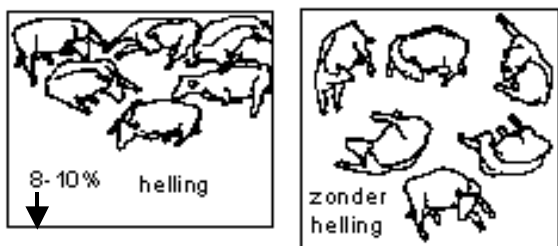
De ingestrooide ligruimte bij diepstrooiselsystemen functioneert als ligbed. De vorm kan de beschikbare plaats per koe beïnvloeden. Aangezien koeien verkieszen te liggen langs de wanden van de ligruimte is een rechthoekige vorm te verkieszen boven een vierkante vorm (figuur 17). De keuze van de beste vorm is gebaseerd op de behoefte aan eetplaats en ligruimte voor 1 koe (figuur 18). De afstand van de ligruimte tot de eetruimte moet zo kort mogelijk zijn en deze laatste moet goed bereikbaar zijn. De maximale afstand tussen de eetruimte en de verste wand van de ingestrooide ligruimte mag niet meer dan 8-9 meter bedragen. Zo wordt het risico op letsels als gevolg van op elkaar trappende koeien beperkt gehouden.



Figuur 17. Circulatie van de koeien in vierkante en rechthoekige strobedden



Figuur 18. Optimale verdeling van de verschillende afdelingen van een systeem met 2 zones
(LR = ligruimte, ER = eetruimte, LOR = loopruimte of mestruimte)



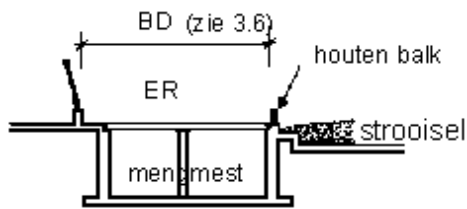
Figuur 19. Effect van de helling (8 - 10%) op de aangenomen houdingen van de liggende koeien
(volgens Keck et al., 1993)

De vorm van een hellend bed is vergelijkbaar met een diepstrooiselbed, behalve dat de oppervlakte kleiner mag zijn en de lengte van de helling niet meer dan 7m mag bedragen. Als de helling $\geq 8\%$, hebben koeien de neiging evenwijdig aan elkaar te liggen, loodrecht op de helling (Keck et al., 1993; zie figuur 19).

De meeste stallen zijn gebouwd met een helling tussen 6 en 9%. De vloer bestaat meestal uit beton met een gemiddelde ruwheid.

3.1.4.2.2 Verbinding tussen ligruimte en aanpalende ruimtes

In het geval van diepstrooisel, moet de ingestrooide ruimte afgescheiden worden van de rest door een hoogteverschil. Dit verschil is afhankelijk van de frequentie waarmee de stromest wordt verwijderd. Bij het uitmesten met een frequentie van één keer per maand moet dit een niveauverschil van 250mm zijn, wanneer slechts éénmaal per jaar wordt uitgemest is dat 1m of meer. Zodra het hoogteverschil 400mm of meer bedraagt, is het nodig één of meer treden te voorzien waarvan de hoogte 200 - 300mm bedraagt en die minstens 300mm breed zijn.



Figuur 20. Ingestrooide ruimte en eetruimte met roosters

De andere ruimtes kunnen bestaan uit roostervloeren. De afmetingen moeten beantwoorden aan de behoeften van de koeien (3.6). In het geval van roosters is extra oppervlakte nodig in de vorm van een drempel tussen de ligruimte en de gang om te vermijden dat het strooisel wordt meegenomen tot op de roosters. Een andere mogelijkheid die minder plaats vergt, bestaat uit het installeren van een houten balk tussen de gang en de ligruimte. Deze balk moet 60mm breed en 90mm hoog zijn, gemeten vanaf de gang (figuur 20). De afmetingen van de gang moeten, onafhankelijk van het vloertype, steeds beantwoorden aan de ruimtelijke noden van de dieren (zie 3.6) De minimale breedte is gelijk aan de lengte van de dieren L. Dichte vloeren moeten 2 of 3 keer per dag worden uitgemest (bijvoorbeeld met behulp van een mechanische mestschuif of een trekker).

In het geval van een helling, glijdt het mengsel van stro en uitwerpselen in de richting van de gang waar het aangestampt wordt. Het moet mechanisch of met behulp van een trekker worden verwijderd over de volledige lengte van de gang.

Een trede tussen de ingestrooide helling en de gang is noodzakelijk.

De hoogte ervan is functie van de frequentie van het uitmesten (figuur 21 en 22).

Frequentie van uitmesten:

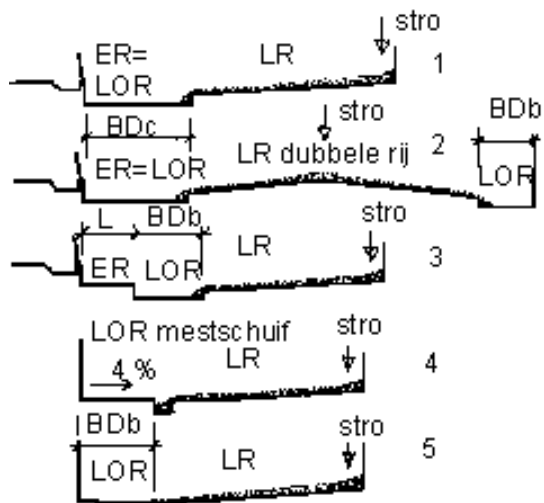
Mechanische mestschuif: Om de klauwgezondheid te behouden moet de mestgang 2-3 keer per dag worden vrijgemaakt van mest (Minonzio en Huber, 1990). Een trede van 100-150mm volstaat.

Mestschuif aan een trekker: In dit geval kan de trede helemaal worden weggelaten. Het is mogelijk het laagste deel van de helling uit te mesten zodanig dat steeds een propere omgeving kan worden gerealiseerd. Als slechts één keer per dag wordt uitgemest, is wel een trede van 200-250mm vereist.

Figuur 21 illustreert verschillende mogelijkheden. Mogelijkheid 4 waarbij het uitmesten gebeurt met een mestschuif beneden aan de helling, wordt afgeraden omwille van ongelukken ter hoogte van de poten die door het systeem kunnen veroorzaakt worden.

De gangbreedte moet beantwoorden aan de eisen die verder worden besproken in sectie 3.6.

Uitgangen naar in open lucht gelegen ruimtes (uitloop, wachtruimte, doorgangen naar weide) mogen nooit bovenaan de helling gesitueerd zijn, anders wordt de effectieve ligruimte beperkt.



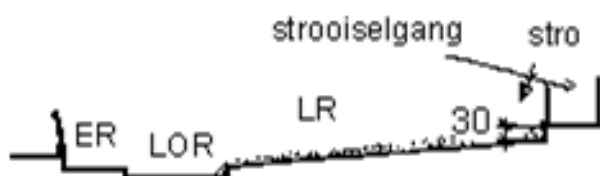
Figuur 21. Mogelijke opstellingen bij een ingestrooide helling (doorsnede) (LR = ligruimte, ER = eetruimte, LOR = loopruimte, BD = breedte doorgang in functie van 3.6)

3.1.4.2.3 Diepstrooisel

Bij dergelijk systeem is het stro verdeeld over de volledige oppervlakte. Om de dieren proper te houden is 1-2kg stro per m² en per dag vereist. Elke dag moet vers stro worden toegevoegd. Het moet niet alleen droog zijn maar ook vrij van schimmels en kiemen. De kwaliteit van de bewaring is hiervoor van groot belang.

3.1.4.2.4 Ingestrooide helling

Er is geen effect van de lengte van het stro op de reinheid van de koeien. Toch blijkt dat gehakseld stro met een vezellengte van 80-150mm de beste beweging van de stromest geeft. Er moet dagelijks bovenaan de helling stro worden toegevoegd, waarop de koeien het zelf verdelen. Het kan hiervoor nuttig zijn 300mm boven de top van de helling een ruimte van 1,5m breed te voorzien om strobalen te bewaren en van daaruit het stro te verdelen (figuur 22).



Figuur 22. Stockage van het stro bovenaan de helling (zelfde symbolen als figuur 21)

In de winter kan de diepte van het strobbed door de tragere fermentatie gevoelig toenemen, vooral in niet geïsoleerde stallen en openfrontstallen. Om hiermee rekening te houden wordt aanbevolen onder het dak 3m vrije ruimte boven de top van de helling te voorzien.

Het levend gewicht per m² is determinerend voor het functioneren van de helling. Ongeveer 100kg per m² is optimaal.

De richting van de verplaatsingen moet zich steeds van de ligruimte naar de loopruimte situeren.

Als de dieren jaarrond in de stal verblijven moet de helling zelf normaalgesproken niet schoongemaakt worden, behalve wanneer desinfectie nodig is. Als de koeien in de zomer beweiding hebben kan de vloer worden schoongemaakt na de winter en heringestrooid worden voor het opstallen.

Na het herinstrooien zal het enkele weken (afhankelijk van de omgevingstemperatuur) duren vooraleer het stromestpakket begint te glijden. Sommige onderzoekers raden aan het stro te bevochtigen om dit proces te bespoedigen (Zeeb, 1986).

Als het oude strooisel gedurende de zomer in de stal blijft zal het uitdrogen. In dat geval moet het grondig worden bevochtigd en moet er bovenaan droog vers stro worden toegevoegd vooraleer de dieren terug op stal komen.

3.1.4.2.5 Stroverbruik

De dagelijkse behoefte varieert van 0,7 tot 1,2kg per m², in functie van de stal lay-out, het management en de gewenste reinheid van de koeien.

Tabel 11 geeft geschatte hoeveelheden in functie van het systeem.

Tabel 11. Gemiddeld stroverbruik van de systemen

Aanvoer vers stro [kg/koe.dag]	Systeem
6,0 - 8,0	diepstrooisel, 2 zones
4,5 - 6,0	diepstrooisel > 2 zones of helling, 2 zones
2,5 - 4,5	helling > 2 zones

Resten van fungiciden en herbiciden in het stro kunnen de microbiële processen remmen en de wrijving in het strooisel verhogen zodat de beweging van het pakket gereduceerd wordt. Het volstaat om de stro verschillende maanden te stockeren vooraleer het te gebruiken.

Als verse mest of zeer vuile delen van het strooisel tweemaal per dag worden verwijderd door ze meteen in de mestgang te gooien, kan de nodige hoeveelheid stro met de helft beperkt worden. De arbeidstijd die hiervoor nodig is, bedraagt ongeveer 20 seconden per koe en per dag als de lengte van de hellende vloer <4,5mis (Kellner, 1991). Als de helling langer is zal deze tijd verdubbelen.

Bij kleine veestapels is de totale arbeidstijd te verwaarlozen en het bevordert het contact tussen de koeien en hun verzorger.

Mogelijke maatregelen om het verbruik van stro te beperken zijn:

- gebruik van oud stro dat vrij is van pesticiden;
- tweemaal per dag verwijderen van verse mest en vuile delen;
- respecteren van of zelfs verminderen van de bezettingsdichtheid;
- ter beschikking stellen van extra loopruimte (> 2 zones);
- regelmatig uitmesten van de mestgang;
- frequenter bijstrooien (tweemaal per dag);
- voorzien van een rantsoen dat aanleiding geeft tot drogere mest.

3.2 Bindstallen

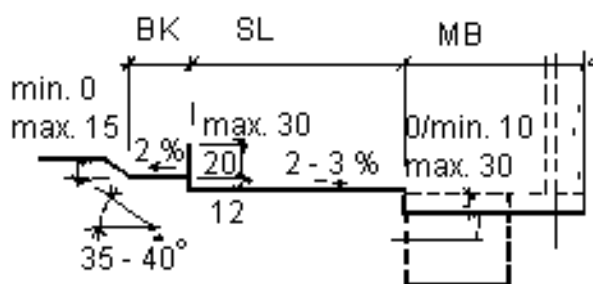
3.2.1 Inleiding

Bindstallen worden niet aanbevolen omwille van de beperkingen die ze leggen op het natuurlijke gedrag van koeien. Omdat ze echter nog steeds in gebruik zijn, worden in dit deel de maatregelen aangehaald die kunnen getroffen worden om de negatieve aspecten zoveel mogelijk te beperken.

Bindstallen zouden alleen mogen worden gebruikt als er in de zomer beweiding mogelijk is of toegang tot een uitloop. In de winter moeten de koeien elke dag de gelegenheid tot uitloop hebben. Bindstallen moeten zorgvuldig worden ontworpen om verstoringen van het normaal gedrag en kwetsuren minimaal te houden.

3.2.2 Afmetingen van de stalelementen

Aangezien lange en medium standen geen extra voordelen bieden, worden alleen de korte standen besproken. Figuur 23 toont een doorsnede van een korte stand. Alle maten worden uitgedrukt in meter en in functie van de lichaamsmaten L, H en W zoals eerder gedefinieerd (2.1).



Figuur 23. Doorsnede van een korte stand

Breedte van de voederkrib (BK)

Wordt berekend aan de hand van formules (1) en (2) voor dieren van verschillend postuur:

$$BK = 0,50 \quad (1)$$

[voor dieren waarvan $H = 1,3 \pm 0,05$]

$$BK = 0,60 \quad (2)$$

[voor dieren waarvan $H = 1,4 \pm 0,05$]

Lengte van de stand (SL)

Wordt berekend aan de hand van formule (3)

$$SL = 0,92 L + 0,3 \quad (3)$$

Breedte van de stand (SB)

De vereiste breedte opdat een koe op een normale manier kan liggen, is berekend als $0,83 H$. In bindstallen moet de beschikbare plaats iets breder zijn om het comfort en de veiligheid van de naburige dieren te verzekeren. Formule (4) geeft de vereiste standbreedte weer.

$$SB = 0,86 H \quad (4)$$

In functie van de CIGR standaardlichaamsmaten van koeien (sectie 2.1 tabel 5), zijn de standbreedtes 1,16; 1,2 en 1,22 m voor koeien van respectievelijk 550, 650 en 750kg.

Mestgangbreedte (MB)

De mestgang moet genoeg plaats bieden om routinetaken (zoals melken, schoonmaken, geboortehulp,...) gemakkelijk te kunnen uitvoeren.

Bovendien moet er voldoende plaats zijn voor individuele koeien om in en uit de stand te komen en voor de groep om de stal te verlaten. De breedte van de gang wordt gegeven door formule (5).

$$MB = 1,45 L \quad (5)$$

[MB mag niet kleiner zijn dan 2 m]

Standrijen

Om koeien van verschillend postuur te stallen kan het nodig zijn om standen van verschillende afmetingen te voorzien. Volgende opties kunnen gekozen worden.

Voor kleine veestapels:

Een taps-toelopende schikking, waarbij de standlengte varieert van de ene kant tot de andere kant van de rij. De kortste standen zijn aangepast aan de gemiddelde maten van de 25% kleinste dieren, de langste aan die van de 25% grootste dieren. Dezelfde procedure kan gebruikt worden om de breedte van de standen te bepalen. Deze optie zal waarschijnlijk niet voldoen als koeien en varzen in dezelfde groep worden gehouden.

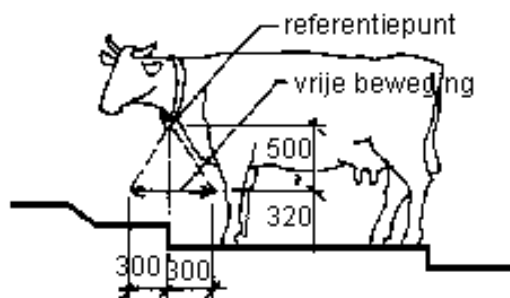
Rijen van standen met verschillende lengtes maar vaste breedtes.

Voor grote veestapels:

Standen met een vaste lengte, maar aangepast aan de lichaamsmaten van de 20% grootste koeien.

3.2.3 Bindstelsels

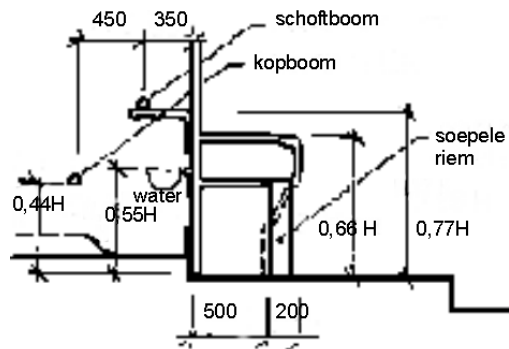
Bindstelsels moeten normale gedragingen toelaten zoals opstaan, gaan liggen, liggen, ... Ze mogen de dieren niet kwetsen. Figuur 24 illustreert de noodzakelijke bewegingsvrijheid gemeten in het midden van de stand (+/- 300mm van de kribwand).



Figuur 24. Bewegingsvrijheid toegelaten door het bindstelsel

Schoft- en kopbomen kunnen gebruikt worden om te voorkomen dat de koeien te ver naar voor in de richting van de krib bewegen. Een kopboom is des te noodzakelijker indien er weinig of geen hoogteverschil is tussen de krib en de voedergang. Kop- en schoftbomen moeten kunnen aangepast worden aan verschillende lichaamsafmetingen. Ze kunnen bevestigd worden aan afzonderlijke steunen of aan de afscheidingen tussen de eetplaatsen. Deze laatste hebben als doel agressieve gedragingen tijdens het opnemen van voeder te ontmoedigen. Figuur 25 illustreert de plaats van de diverse onderdelen.

Afscheidingen tussen de standen verhinderen diagonale houdingen bij liggen en staan. Flexibele materialen verdienen hiervoor de voorkeur (figuur 3)



Figuur 25. Onderdelen van een bindstand om de bewegingen en de posities van de koeien te controleren

3.2.4 Drinkwatervoorziening

De absolute minimumvoorziening bestaat uit één drinkbakje per 2 standen. Deze opstelling houdt in dat koeien een drinkbakje delen, wat bij gedomineerde koeien stress kan meebrengen, de wateropname beperken en de productie doen dalen. Om die reden wordt een drinkbakje per stand verkozen.

De bakjes moeten voldoen aan de specificaties verder besproken in sectie 3.4 en zoals weergegeven in figuur 25. Bij warm weer verkiezen de koeien koel water.

Als de leidingen boven de dieren of de voederkrib geplaatst zijn, moeten ze geïsoleerd zijn om condensatie die afdruipt op de dieren, het voeder en het strooisel, te voorkomen.

3.2.5 Koetrainers

De eerder besproken ruime standafmetingen die voldoende bewegingsvrijheid garanderen, kunnen aanleiding geven tot behoorlijk wat op het ligbed gedeponeerde uitwerpselen. Bij gebruik van weinig of geen strooisel is het gevolg dat het risico op vuile, geïnfecteerde of gekwetste spenen oploopt. Elektrische koetrainers worden in sommige gevallen geïnstalleerd om de koe te dwingen verder naar achteren te staan bij het mesten.

Het gebruik ervan roept vragen op met betrekking tot het dierenwelzijn en er moet rekening worden gehouden met de volgende aandachtspunten om onnodige stress te voorkomen:

- a) De koetrainer moet zorgvuldig worden geplaatst op een hoogte van 50mm boven de schoft, dit is op een afstand van ongeveer 600 mm van de rand van de krib wanneer de koe een normale staande houding aanneemt;
- b) de hoogte moet aangepast zijn per dier;
- c) de koetrainer moet worden afgezet als de koe bronstig is, moet kalven of wanneer ze op een of andere manier moet behandeld of verzorgd worden;
- d) er wordt aanbevolen de koetrainer slechts 1 of 2 keer per week aan te zetten. Oswald (1992) neemt aan dat dit geen aanleiding geeft tot vuilere koeien.

Koetrainers beperken bepaalde gedragingen (vooral op het vlak van tochtverschijnselen en verzorging / likken) en beknotten de bewegingsvrijheid. Daarom moeten de dieren in dat geval regelmatig en langdurig kunnen beschikken over vrije uitloop en moeten ze regelmatig en grondig worden schoongemaakt en verzorgd door hun verzorger.

3.3 Voedervoorzieningen

3.3.1 Inleiding

Voederhekken en voedergoten of -kribben moeten toegang bieden tot een groot volume voeder, competitie voor het voeder beperken, voederverspilling voorkomen en mogen de koeien niet kwetsen.

De beste opstellingen zijn deze die niet oncomfortabel zijn en niet kwetsen en bovendien de beweeglijkheid naar voor maximaliseren en tegelijkertijd de zijdelingse beweeglijkheid minimaliseren.

3.3.2 Basisafmetingen

Onderzoek heeft aangetoond dat het laten overhellen van het voederhek met 20° in de richting van de voederkribbe, de bereikbare hoeveelheid voeder vergroot zonder kwetsuren te veroorzaken. De afstand tussen eetplaatsen (AE) wordt weergegeven met de volgende formule:

$AE = k W$ waarin $k = 1,15$.

Indien echter een groot deel van de koeien in een groep drachtig zijn, wordt k gelijkgesteld aan 1,25.

De totale lengte van het voederhek wordt bepaald aan de hand van de formules die verder in sectie 3.6.4 worden gegeven.

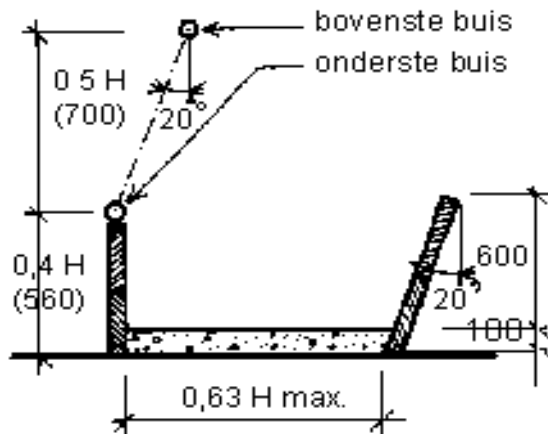
3.3.3 Voederhek bestaande uit 2 horizontale buizen

De schoft van de koeien is gevoelig voor kwetsuren. Om die reden is de plaatsing van de bovenste buis cruciaal. Indien ze te laag geplaatst is, stijgt het risico op letsels. De grote tekortkoming van dergelijk systeem is dat het geen enkele beperking oplegt aan de zijdelingse bewegingen, waardoor agressief gedrag ten opzichte van andere koeien niet ontmoedigd wordt. De maatvoering is gegeven in figuur 26.

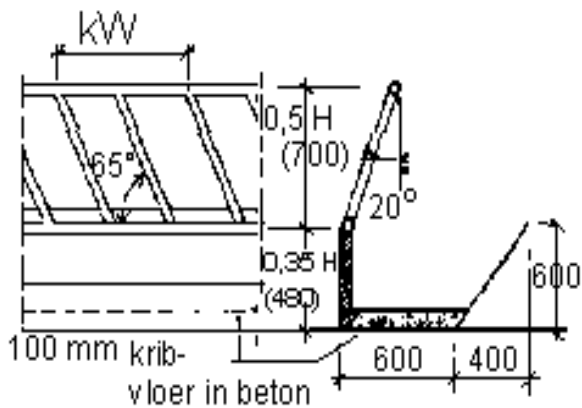
3.3.4 Diagonaal voederhek

Dit type voederhek dwingt de koeien hun kop schuin te houden om toegang te krijgen. De hoek verhindert het morsen van voeder aangezien de koeien niet in staat zijn het voeder over de rug te gooien of zich los te maken met voeder in de muil. Zijdelingse bewegingen worden in zekere mate beperkt, maar niet aan beide zijden in gelijke mate. Om een maximaal voederbereik en een minimale verspilling te bekomen, staan de spijlen in een hoek van 65° ten opzichte van de horizontale buizen.

Figuur 27 toont de afmetingen.



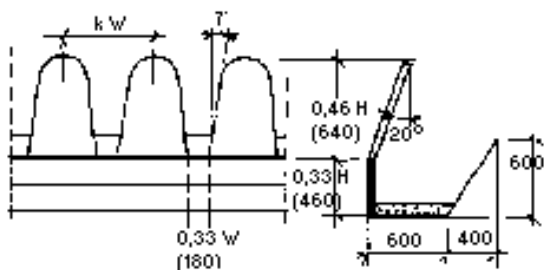
Figuur 26. Maatvoering voor een horizontaal voederhek



Figuur 27. Maatvoering voor een diagonaal voederhek

3.3.5 Zweeds voederhek

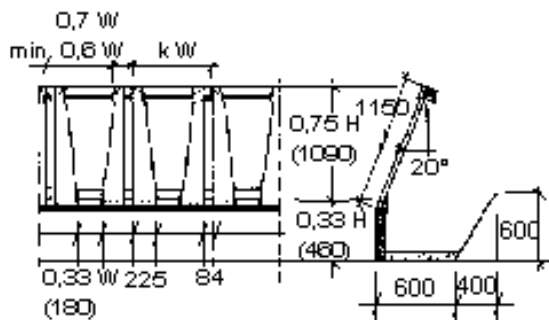
Dit type voederhek belet de koeien hun soortgenoten te verjagen door het zijdelings bereik te limiteren. De verticale spijlen lopen schuin in een hoek van 7° ten opzichte van de loodrechte stand. Zonder deze afgeronde hoek zou het zijdelings bereik zo beperkt worden dat er te weinig voeder binnen bereik zou zijn. Zoals de andere voederhekken dient het Zweeds voederhek 20° in de richting van de voederkribbe gekanteld te worden (figuur 28). Dergelijk voederhek vraagt een vrij zware constructie.



Figuur 28. Maatvoering voor een Zweeds voederhek

3.3.6 Zwaluwstaartvoederhek

Dit type voederhek biedt het beste voederbereik zonder kwetsuren en voedervermorsing te veroorzaken. De schuine afscheidingen verhinderen agressief gedrag en laten optimaal bereik toe. Bovendien kan de constructie lichter worden gehouden dan het vorige (Zweedse) type. Het kan vrij goedkoop ter plekke worden gebouwd in hout of met stalen prefabelementen. De maatvoering is weergegeven in figuur 29.



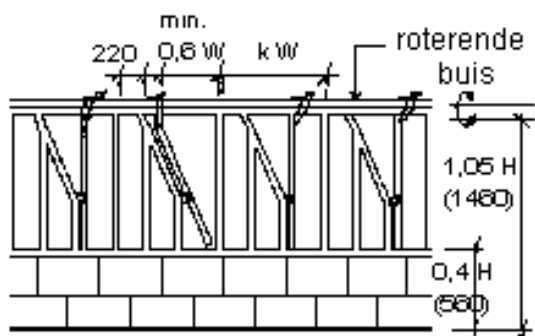
Figuur 29. Maatvoering zwaluwstaartvoederhek

3.3.7 Zelfsluitend voederhek

Zelfsluitende voederhekken worden dikwijls verkozen omdat ze de mogelijkheid bieden de koeien vast te zetten. Dit biedt de volgende voordelen bij het beheer van de veestapel:

- de koeien kunnen na het melken ongeveer 30 minuten vastgezet worden om ze te beletten neer te liggen als de slotgaten van de tepels nog niet gesloten zijn;
- de koeien kunnen vastgezet worden voor observatie, diergeneeskundige ingrepen of KI;
- het morsen van voeder, zoals hooi, wordt gereduceerd;
- het verjagen van andere dieren wordt belet.

De typische afmetingen worden getoond in figuur 30. Normaalgesproken worden zelfsluitende voederhekken loodrecht geplaatst, maar het zou eveneens gunstig kunnen zijn ze net als de andere types 20° te doen hellen.

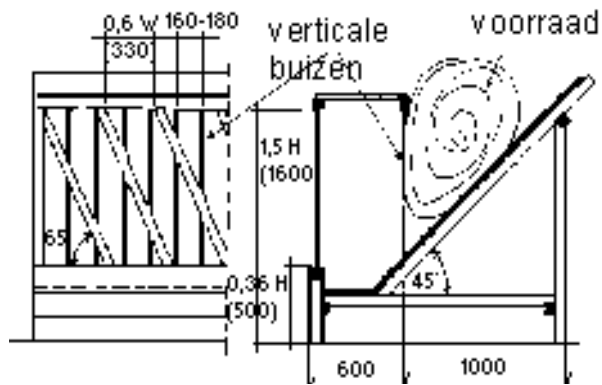


Figuur 30. Typische maatvoering van een zelfsluitend voederhek

3.3.8 Hooirek

Een hooirek bestaat gewoonlijk uit twee delen: een deel waarin het hooi is geplaatst en een deel waaruit de koeien het hooi kunnen trekken. Verticale buizen die geplaatst zijn op een afstand van 140-180mm van elkaar, verdelen de twee compartimenten. Een kribbe aan de basis van het eetgedeelte vangt het gevallen hooi op zodat het daarna kan worden opgegeten.

De koeien kunnen het hooi bereiken door een voederhek. De helling van het deel waar het hooi gestockeerd is, zorgt ervoor dat het hooi altijd tegen de verticale spijlen valt. Het is dus niet nodig het bereik naar voor te maximaliseren, daarom mag dit voederhek loodrecht worden geplaatst. Elk van de eerder beschreven types voederhek komt in aanmerking. Een typische opstelling is weergegeven in figuur 31.



Figuur 31. Hooirek met diagonaal voederhek

3.4 Drinkwatervoorzieningen

3.4.1 Inleiding

Water is voor melkkoeien uitermate belangrijk, gebrek eraan beïnvloedt in hoge mate de melkproductie, zeker bij hoogproductieve koeien die 10 000 liter melk of meer produceren. Om die reden moet water van goede kwaliteit ter beschikking worden gesteld aan de hand van efficiënte, betrouwbare en gemakkelijk toegankelijke drinkbakken.

3.4.2 Drinkwaterbehoefte

Melkkoeien nemen dagelijks grote hoeveelheden water op. Hoeveel ze drinken hangt af van verschillende factoren zoals melkproductie, droge-stofgehalte van het rantsoen, lactatiestadium en omgevingstemperatuur. Castle en Thomas (1975) nemen aan dat twee van die factoren, namelijk productie en droge-stofgehalte van het rantsoen een dominante rol spelen in de wateropname. Ze stellen volgende formule voor om de waterbehoefte te voorspellen:

$$y = 2,53 x_1 + 0,45 x_2 - 15,3 (+/-8,31)$$

waarin:

y = behoefte aan water in kg/dag

x_1 = melkproductie in kg/dag

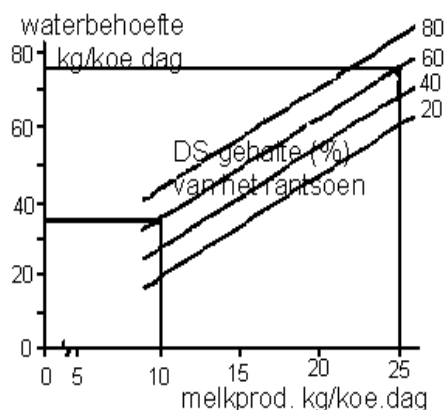
x_2 = droge-stofgehalte van het rantsoen in %

Deze formule laat toe te berekenen dat een koe met een dagelijkse productie van 25kg melk, die een rantsoen krijgt met een DS-gehalte van 40%, dagelijks ongeveer 66kg water nodig heeft.

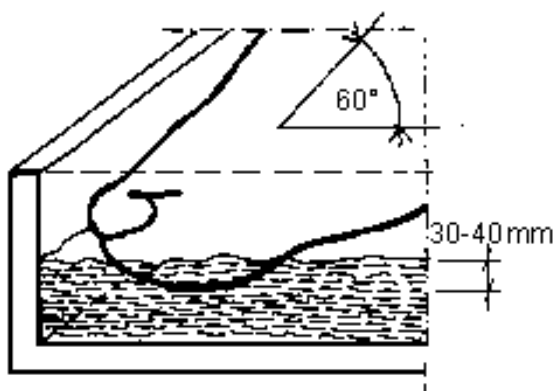
Westendorp (1987) toont (figuur 32) een vergelijkbaar verband aan tussen waterbehoefte, melkproductie en DS-gehalte van het voeder.

3.4.3 De positie van de kop

Als een koe op een natuurlijke manier drinkt, bevindt haar snuit zich 30 tot 40mm diep in het water en vormt haar kop een hoek van 60° met het wateroppervlak (zie figuur 33). In dergelijke houding kan een koe tussen de 12 en 20l water per minuut opnemen. Metzner (1978) stelt voor dat om koeien op een natuurlijke manier te laten drinken uit een trog of bak, een wateroppervlakte van 0,06m² per koe noodzakelijk is.



Figuur 32. Behoeftte aan water per koe en per dag in functie van de productie en het DS-gehalte van het voeder (Westendorp,1987)



Figuur 33. Normale positie van de kop bij het drinken (Metzner, 1978)

3.4.4 waterkwaliteit en hygiëne

Water heeft een bepaalde geur, een bepaalde kleur en een bepaalde smaak. Hoewel subjectief, geven deze eigenschappen een goede indicatie van de waterkwaliteit. Een betere bepaling van de waterkwaliteit behelst het meten van bepaalde fysische, chemische en bacteriologische parameters zoals opgeloste deeltjes, pH en oxydeerbaarheid.

Het ontwerp en onderhoud van drinkbakken beïnvloedt de waterkwaliteit. Het water kan vervuild worden met voederresten, materiaaldeeltes als gevolg van slijtage, algen en andere organismen.

De bakken moeten zo zijn ontworpen dat ze gemakkelijk kunnen worden geleegd en schoongemaakt. Het functioneren en de reinheid moeten elke dag gecontroleerd worden.

3.4.5 Watervoorzieningen

3.4.5.1 Basiseisen

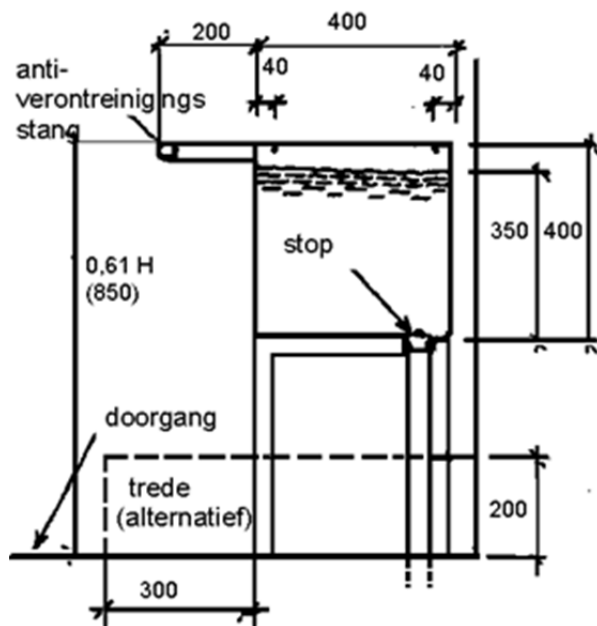
Elke drinkbak of -trog moet:

- de vereiste wateroppervlakte hebben: 0,06m² per dier;
- minstens water kunnen bevatten tot 60-70mm diep;
- op de correcte hoogte zijn aangebracht: het wateroppervlak staat op een hoogte van 0,61H ten opzichte van de vloer;
- toelaten dat elk dier water opneemt met een snelheid van minstens 10l per minuut;

- de waterbeweging beperken zodat de dieren geen lucht in plaats van water opnemen.

3.4.5.2 Drinkbakken met een groot reservoir

In vrije loopstallen worden grote drinkbakken met een minimale bruikbare capaciteit van 200l aangeraden. Dit laat de koeien toe voldoende snel te drinken als gevolg van de grote hoeveelheid water die ze bevatten. Zelfs als het aanvoerdebiet aan de lage kant is, kunnen koeien door de grote inhoud regelmatig water opnemen met een snelheid van 12-20l per minuut. Een kuip van 2m lang, 400mm breed en 400mm diep is voldoende om aan de waterbehoeften van 25 koeien te voldoen.



Figuur 34. Drinkbak met een constant niveau en een anti-verontreinigingsstang of trede

Het waterniveau moet zich op een hoogte van 0,61H (ongeveer 850mm) boven de grond en 50-100mm onder de bovenste rand bevinden, om verspilling en rondspatten van water op de omliggende ruimtes te beperken.

De bak moet steeds een stop hebben om hem te kunnen ledigen, schoon te maken en te onderhouden.

Om vervuiling van het water met mest en urine te voorkomen kan een stang worden aangebracht om de dieren op afstand te houden of een trede worden gemaakt. Deze voorzieningen zijn geïllustreerd in figuur 34.

3.4.5.3 Drinkbakjes

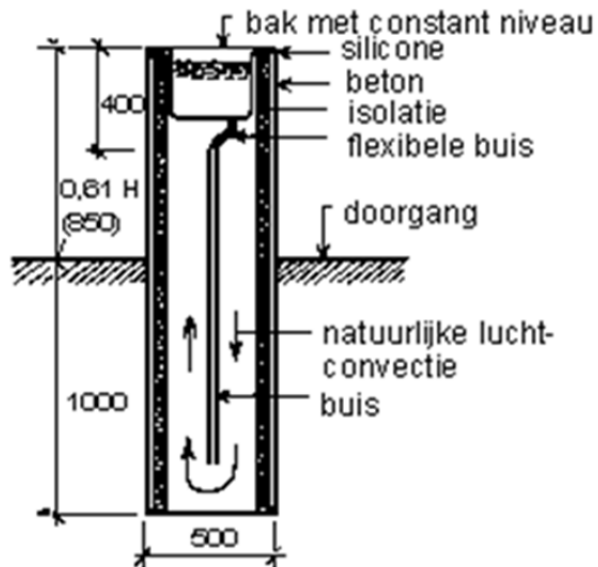
Kleine individuele drinkbakjes kunnen worden gebruikt, op voorwaarde dat ze over een wateroppervlakte van 0,06m² beschikken en het waterdebiet 10 liter per minuut bedraagt. Het debiet mag niet beperkt worden door de leidingen of de inlaatopening.

In bindstallen moeten dergelijke drinkbakjes zo worden geplaatst dat het wateroppervlak zich op een hoogte van 0,55H boven de vloer bevindt.

Er zijn drinkbakken op de markt die een compromis vormen tussen de twee bovengenoemde types. Ze beschikken over een groot wateroppervlak en het debiet kan oplopen tot 20l per minuut. Ze gaan echter gepaard met bepaalde nadelen, het water kan bijvoorbeeld te ondiep zijn of door het debiet te veel in beweging zijn. Bij de keuze voor dergelijke bakken moeten deze elementen dan ook in overweging worden genomen.

3.4.6 Vorst

De waterleidingen en de drinkbakken moeten beschermd zijn tegen vorst. Er zijn hiervoor tal van mogelijkheden, waarvan sommige het bijkomend voordeel hebben dat het water op een gewenste temperatuur bij de koeien komt.



Figuur 35. Drinkbak met constant niveau

In sommige klimaten zijn passieve systemen die bijvoorbeeld gebruik maken van grondwarmte mogelijk (zie figuur 35). In andere klimaten is een andere energieinput vereist (elektriciteit, gas of andere brandstoffen).

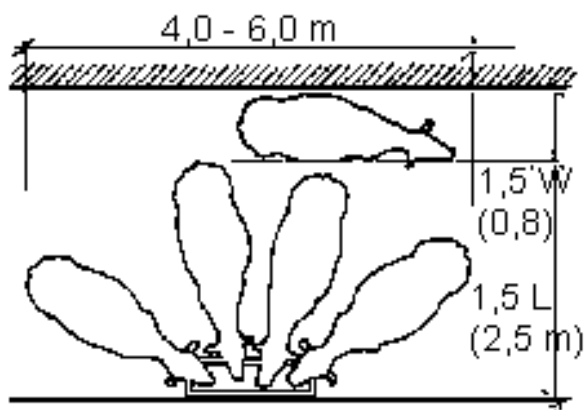
Mogelijkheden zijn:

- elektrische laag-voltage pompelaar, in de drinkbak geplaatst;
- elektrische laag-voltage verwarmingslint rond de leidingen en bakken;
- rondpompsysteem met verwarmd water.

3.4.7 Toegankelijkheid en aantal

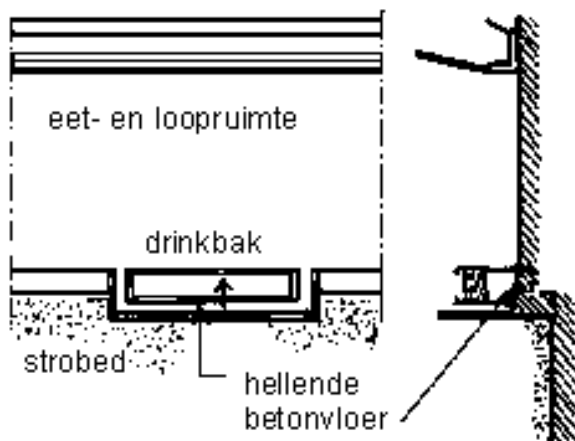
3.4.7.1 Plaats

Bakken van 2-2,5m lang en 400-450mm breed moeten in een ruimte van minstens 3m, en bij voorkeur van 3,5m breed worden geplaatst. Als verschillende koeien tegelijkertijd drinken moet er nog voldoende plaats overblijven om andere koeien te laten passeren (zie figuur 36 en sectie 3.6.3).



Figuur 36. Plaats van een drinkbak in een doorgang

In een stalsysteem met een ingestrooid en een niet ingestrooid gedeelte (dicht of met roosters), moeten de drinkbakken worden geplaatst in het niet ingestrooide deel. Dit voorkomt nat strooisel als gevolg van morsen of opspattend water (zie figuur 37).



Figuur 37. Drinkbak in een ingestrooide stal

3.4.7.2 Lengte en aantal

De lengte van de beschikbare drinkbakken is belangrijk met het oog op normaal drinkgedrag. Carotte (1980) beveelt verschillende lengtes aan afhankelijk van het voedertype en -systeem (zie tabel 12).

Tabel 12. Drinkbaklengte per koe volgens voedertype en -systeem

Voedertype en -systeem	Lengte (mm/koe)
Hooi aan voederhek	120
Kuilvoeder aan voederhek	80 - 100
Kuilvoeder zelfbediening	50 - 60

Het aantal drinkbakjes moet ongeveer 15% van het aantal koeien bedragen, m.a.w. één per 7 koeien. Zelfs bij kleine groepen betekent dit al een behoorlijk aantal bakjes (bijvoorbeeld 9 voor 60 koeien) en het kan moeilijk zijn voor elk bakje een geschikte plaats te vinden.

3.5 Bevloering

3.5.1 Inleiding

Kwetsuren als gevolg van gladde of slecht geconstrueerde dichte vloeren of roostervloeren vormen een belangrijk probleem in rundveestallen. Het is essentieel dat vloeren voldoende grip bieden, zelfs indien met mest bedekt, om dergelijke kwetsuren en valpartijen te voorkomen. Slechte roosters of versleten dichte betonnen vloeren veroorzaken aanzienlijke schade aan de zool en de hoefwand.

Ook te ruwe, schurende vloeren (nieuw beton) kunnen de zool beschadigen.

3.5.2 Dichte vloeren

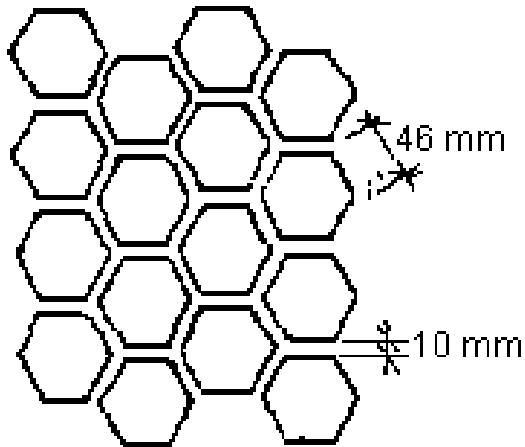
Een helling van 2,5% is noodzakelijk als afvoer van urine en/of spelwater is vereist. Anderzijds zijn bij gebruik van een mestschuif vlakke vloeren nodig, om de separatie van mest en urine te vermijden. «Propere» ruimtes moeten voorzien zijn van een drempel van 200mm hoog om vervuiling te voorkomen.

3.5.2.1 Beton

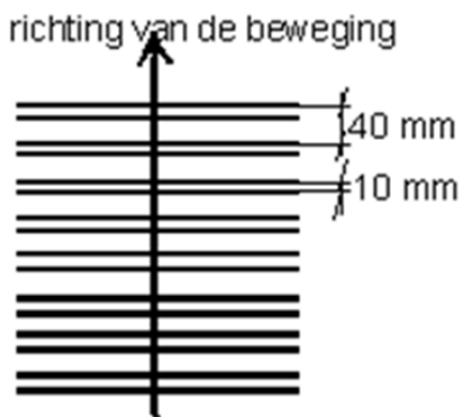
Betonvloeren moeten bestaan uit gewapend beton van goede kwaliteit, met een drukweerstand die niet lager mag zijn dan 30MkPa/cm² na 28 dagen. Als op de vloeren wordt gereden, moeten ze minimaal een dikte van 150mm hebben. Als ze daarentegen alleen door het vee worden gebruikt, volstaat een dikte van 100mm.

Opdat de vloer slipresistent zou zijn voor koeien die in alle richtingen bewegen en om het risico op te hoge druk op de hoeven te verminderen, moet het beton gegroefd worden volgens een hexagonaal patroon (met zijden van 46mm) zoals voorgesteld in figuur 38. Als dit niet mogelijk is worden best parallelle groeven getrokken, waarbij de afstand tussen het midden van de groeven 40mm bedraagt. Als de waarschijnlijkste bewegingsrichting van de koeien gekend is worden de groeven daar loodrecht op getrokken, zoals te zien in figuur 39. De groeven moeten 10mm breed en minstens 6mm diep zijn.

Het verse beton kan ook oppervlakkig geïnactiveerd worden om een ruwere, minder gladde oppervlakte te bekomen.



Figuur 38. Hexagonale ant-slip oppervlakte: gelijke slipresistentie in alle richtingen



Figuur 39. Parallele groeven: beweging loodrecht op groeven

3.5.2.2 Warm geplaatst asfalt

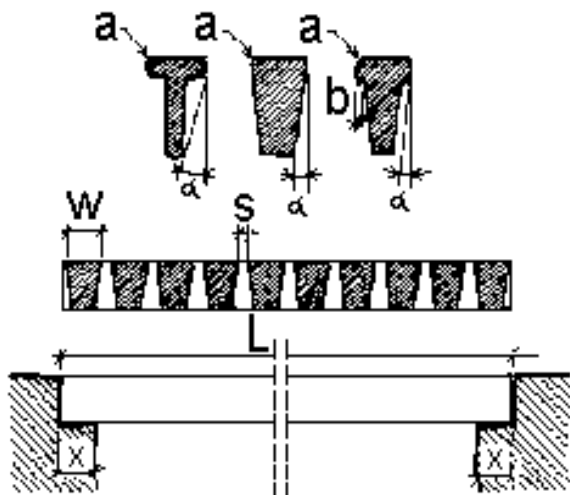
Warm gegoten asfaltvloeren zijn slipresistent en worden met succes gebruikt in zelfbedieningssilo's. Dergelijke vloeren zijn ook geschikt voor rundveestallen, zowel bij nieuwbouw als in de vorm van een laag over bestaande afgesleten oppervlakken. Dergelijke toepassing vergt know-how en moet overgelaten worden aan gespecialiseerde firma's.

3.5.2.3 Epoxyharsen

Epoxyharsen worden gebruikt om betonnen vloeren te restaureren en/of de hygiëne te verbeteren. Ze zijn echter glad tenzij een aangepast materiaal (kiezelaarde) aan de coating is toegevoegd. Dergelijke procedure moet met zorg worden uitgevoerd om voldoende slipweerstand te krijgen zonder dat de vloer al te ruw wordt. Voor een goed resultaat is de tussenkomst van specialisten noodzakelijk.

3.5.3 Roosters

Roosters voor runderen zijn gewoonlijk van gewapend beton. De afmetingen van de sleuven en de gleuven vormen een compromis tussen de noodzaak om voldoende steun te bieden aan de dieren en voldoende mest door te laten. De belangrijkste maten zijn weergegeven in figuur 40 en moeten zich situeren tussen de grenzen weergegeven in tabel 13.



Figuur 40. Maten van roosters

Roosters moeten in ieder geval beantwoorden aan de nationale en internationale voorschriften met betrekking tot prefab roosterelementen voor dieren. Ze moeten geschikt zijn om niet alleen het gewicht van de zwaarste dieren te dragen maar eventueel ook dat van trekkers en andere toestellen.

Tabel 13. Belangrijkste maten van roosters voor runderen

Symbol	Beschrijving	Gewicht < 200 kg	Gewicht 200-850 kg
s	afstand tussen sleuven (mm)	20-25	30-35
a	straal van de rand (mm)	2-5	2-5
α	hoek van de zijden ($^{\circ}$)	≥ 7	≥ 7
L	totale lengte (mm)	≤ 4000	≤ 4000
x	lengte van ondersteunde deel (mm)	$\geq L/35$	$\geq L/35$
b	vernauwing (indien aanwezig) (mm)	≥ 2	≥ 2
w	sleufbreedte (mm)	80-120	90-160

3.6 Stal lay-out

3.6.1 Inleiding

De stallen en de uitrusting op een melkveebedrijf hebben als doel de verzorging van de koeien gemakkelijker te maken. Bij het plannen van een productie-eenheid moet met elementen als de arbeidsbehoefte, de circulatie van dieren en materiaal, de controle op eventuele verontreiniging, de behoeften van de dieren in functie van hun gedrag, de eventuele toekomstige uitbreiding en het beheer van het bedrijf, rekening worden gehouden.

De planning en de ontwikkeling van de eenheid moeten passen bij de managementstrategie met betrekking tot de veestapel. Dit omvat alle factoren in verband met de voeding, gezondheid en productiviteit van de koeien, de economische doelstellingen van het bedrijf en alle andere factoren die de activiteiten bepalen. De fysieke eigenschappen van het bedrijf moeten toelaten dat de beoogde strategie wordt gevolgd.

Het is gemakkelijk om te denken dat de gebouwen en het materiaal slechts middelen zijn om de essentiële taken uit te voeren. Voor de dieren vormen ze echter de leefomgeving die hun groei, productiviteit, gezondheid en gedrag beïnvloedt. Als aan de basisbehoeften van de dieren niet wordt voldaan, zal het bedrijf met om het even welke strategie, hoogstwaarschijnlijk geen succes zijn.

Bovendien moeten bij elke lange termijnplanning aspecten als milieugevolgen, mogelijke impact op de burens en derden (geur, emissies, lawaai, ...) in overweging worden genomen. Het beheer van de mest wordt een belangrijke component van alle landbouwbedrijven. Vervuiling van lucht en water en overlast aan derden moeten worden voorkomen.

3.6.2 Basisregels

Dit deel integreert alle aandachtspunten met betrekking tot de huisvesting van melkkoeien. Ruimtelijke schikkingen en voorbeelden van lay-outs worden besproken.

De basisregels bij het bepalen van de lay-out zijn gebaseerd op:

- economische, ergonomische en technische beschouwingen;
- anatomische en fysiologische behoeften van de dieren;
- ethologische behoeften van de dieren;
- beschouwingen op het vlak van constructie en structuur;
- beperkingen van de locatie;
- visuele (esthetische) aspecten van de gebouwen en hun integratie in het landschap;
- klimatologische factoren en ventilatievereisten.

Bij het bepalen van de specifieke stalindeling en uitrusting is rekening gehouden met:

- de verplaatsing van het voeder;
- de circulatie van de dieren;
- het verzamelen van de melk;
- de aanpak met betrekking tot de mest (mengmest/stalmest);
- de toekomstige uitbreiding;
- de behandeling van de dieren (vooral diergeneeskundig).

In het kader van de verplaatsing van producten wordt het ontwerp van de stalonderdelen in grote mate bepaald door de apparatuur die hiervoor wordt gebruikt. Algemene richtlijnen om de verplaatsingen zo efficiënt mogelijk te maken zijn:

- (a) het minimaliseren van de af te leggen afstand beperkt de arbeidstijd of de nodige energie nodig voor de verplaatsing;
- (b) indien mogelijk moeten de 'wegen' van de vuile en de propere producten gescheiden zijn en mogen deze elkaar niet kruisen;
- (c) doorgangen voor runderen moeten zo recht mogelijk zijn;
- (d) de circulatie van koeien van en naar de melkstal moet een route volgen zoals geïllustreerd in figuur 41;

Ligruimte, eet- en/of loopruimte →

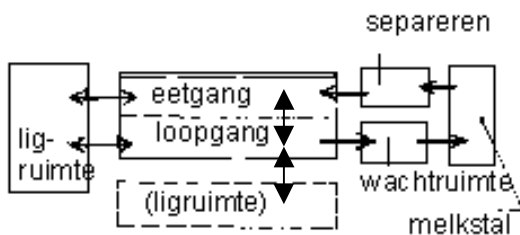
wachtruimte →

melkstal →

separatieruimte →

eetruimte;

- (e) de koeien moeten alle ruimtes die voor hen bestemd zijn accepteren en gebruiken volgens hun bestemming. Hiertoe moeten de vloeren slipvrij zijn, en de ruimtes goed gedimensioneerd, proper en tochtvrij zijn.



Figuur 41. Circulatie van en naar de melkstal

3.6.3 Ruimte voor circulatie van de dieren

3.6.3.1 Doorgangen

Doorgangen verbinden verschillende zones (lig-, eet-, loop- en wachtruimte, melkstal e.a.). Omwille van het normale mestgedrag zijn deze doorgangen meestal vervuld met mest en dus moeten ze regelmatig droog, schoon en slipvrij worden gemaakt (zie 3.5).

De volgende aanbevelingen gelden voor hoornloze koeien. Koeien met hoorns hebben echter 'virtueel' dezelfde noden. De frequentie en de ernst van verwondingen door hoorns, hangen in de eerste plaats af van de capaciteiten van de melkveehouder/verzorger en van andere managementfactoren (Menke et al, 1993).

De termen W, H en L, zijn opnieuw deze gedefinieerd in sectie 2.1, en de maten zijn uitgedrukt in meter.

De minimale breedte van een doorgang wordt gegeven door formule (1). In werkelijkheid wordt de reële breedte bepaald door het gebruik en de eventuele noodzaak om bijvoorbeeld voertuigen en ander materiaal voor het schoonmaken en het voeren door te laten.

$$BD = W + 0,2 \quad (1)$$

Hoewel doorgangen meestal meer dan één doel dienen, moeten ze allemaal beantwoorden aan bepaalde minimumvereisten zodat ongehinderde doorgang en het vermijden van agressieve gedragingen mogelijk zijn. De afmetingen van de doorgangen voor enkele specifieke situaties worden hier verder behandeld.

(a) Doorgang voor eenrichtingsverkeer

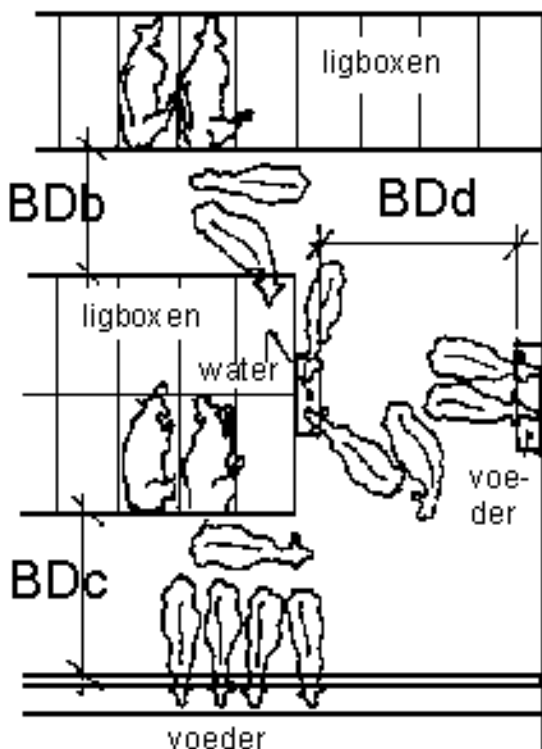
Over het algemeen lopen dergelijke doorgangen naar en van de melkstal, behandelings- en weegruimtes. De minimale breedte is afhankelijk van de maximale lichaamsmaten van de koeien (hoogdrachtig) en van de extra ruimte die nodig is om zich te verplaatsen. BD wordt in dit geval dan verkregen met formule (2).

$$BDa = 1,6 W \text{ [eenrichtingsverkeer]} \quad (2)$$

(b) Doorgang voor tweerichtingsverkeer

Deze doorgangen bevinden zich gewoonlijk tussen twee muren, twee rijen ligboxen of een muur en een rij ligboxen en laten circulatie ertussen toe. Ze kunnen ook dienen als oversteek tussen twee evenwijdige doorgangen. De minimale breedte wordt gegeven door formule (3).

$$BDb = 3,8 W \text{ [tweerichtingsverkeer]} \quad (3)$$



Figuur 42. Drie types doorgangen

(c) Doorgangen met aan één kant voeder- of watervoorziening

Deze doorgangen functioneren langs één zijde ook als eet- of drinkruimte (figuur 42). De (minimale) breedte BDc wordt verkregen met formule (4).

$$BDc = L + 2,7 W \quad (4)$$

[doorgang met voeder / watervoorziening langs één kant]

(d) Doorgangen met aan beide kanten voeder- en/of watervoorziening

Deze doorgangen zijn gelijkaardig met deze beschreven in (c) maar ze functioneren langs beide kanten ook als water- en/of voederplaats (figuur 42). De minimale breedte (BDd) wordt gegeven door formule (5).

$$BDd = 2 L + 1,5 W \quad (5)$$

[doorgang met voeder / watervoorziening langs beide kanten]

Tabel 14. Breedte van doorgangen voor koeien met 3 verschillende lichaamsmaten (sectie 2.1: CIGR Standaard) in functie van formules (2), (3), (4) en (5) (afgerond)

Gewicht (kg)	W [m]	L [m]	BDa* [m]	BDb [m]	BDc [m]	BDd [m]
550	0,50	1,61	0,85	2,00	3,00	4,00
650	0,55	1,69	0,88	2,09	3,18	4,20
750	0,60	1,75	0,96	2,28	3,37	4,40

BD = breedte doorgang

(*) type doorgang beschreven in a, b, c en d

(e) Andere doorgangen

Oversteken

Om vrije circulatie van de dieren toe te laten, moeten twee of meer parallele doorgangen verbonden worden met loodrechte gangen als oversteek. In lange rijen ligboxen mogen dergelijke oversteken niet meer dan 20 boxen van elkaar gelegen zijn en moeten ze regelmatig verdeeld zijn om agressieve interacties te beperken.

Doorgangen in ingestrooide vrije loopstallen

In deze stallen zullen gedomineerde koeien gewoonlijk agressieve contacten in de doorgangen ontlopen door zich naar de ingestrooide ruimte te verplaatsen. Om die reden kan de breedte van aanpalende doorgangen gereduceerd worden, maar nooit met meer dan 20% van de aanbevolen breedtes (zie hierboven) en zonder aan de totale oppervlakte per dier te raken (3.1.4.1).

3.6.3.2 Hoeken

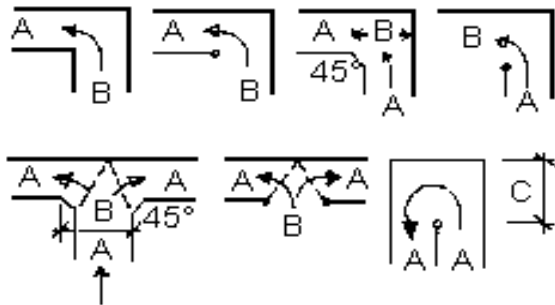
In hoeken (waarbij van richting moet veranderd worden) moeten de koeien over voldoende plaats beschikken om contact met muren, hekken, rails e.d. te vermijden. Dit vergt extra ruimte, afhankelijk van de hoek die door de koeien gevolgd moet worden.

Figuur 43 toont de minimale dimensies voor hoeken van 90° en 180°, bij éénrichtingsdoorgangen. De maatvoering kan berekend worden met behulp van formules (6) en (7) hieronder. A is hierbij gelijk aan BDa (eerder vermelde formule (2)).

$$[90^\circ] \quad A + B = 3,6 \quad W \quad (6)$$

$$[180^\circ] \quad A + C = 3,9 \quad W \quad (7)$$

Voor een koe van 650kg en $A = 0,88$, is W gelijk aan 0,55 en zijn B en C respectievelijk gelijk aan 1,1 en 1,27m.



Figuur 43. Hoektypes in éénrichtingsdoorgangen

3.6.3.3 Deuren

Deuren vertragen de circulatie van de dieren, vooral in brede gangen. Deuren in een doorgang met éénrichtingsverkeer mogen dezelfde breedte hebben als de doorgangen zelf, namelijk B_{Da} . Deuren die in tweerichtingsdoorgangen gebruikt worden moeten ruimte bieden voor een koebreeds bij maximale dracht ($1,5W$) plus een extra marge voor de persoonlijke ruimte per koe (100mm wordt voorgesteld). De deur- of poortbreedte BP wordt gegeven door formule (8) waarbij n het aantal dieren is die tegelijk door de deur/poort moeten kunnen (geheel getal).

$$BP = n [(1,5 W) + 0,1] \quad (8)$$

3.6.4 Ruimte voor voedervoorziening

3.6.4.1 Langwerpige voederkribben

Als de toegang tot het voeder beperkt is, is het strikt noodzakelijk dat alle dieren tegelijk kunnen eten. Om dit te bereiken moet de voederkribbe lang genoeg zijn om plaats te bieden aan alle koeien. De afstand tussen eetplaatsen AE die nodig is opdat een koe aan de voederkrib ongestoord tussen haar soortgenoten kan staan, werd gegeven in sectie 3.3.2. De totale lengte van de voederkrib of -goot (TLK) wordt gegeven door formule (9) waarin n het aantal te voederen dieren is.

$$TLK_b = n \cdot 1,15 \cdot W \quad (9)$$

[beperkte toegang]

Voor veestapels waarin een groot deel van de koeien tegelijk drachtig is, wordt de lengte verhoogd tot (10):

$$TLK_{bd} = n \cdot 1,25 \cdot W \quad (10)$$

[beperkte toegang en drachtige koeien]

Als het voeder gedurende langere tijd beschikbaar is dan nodig om zich met het voeder te verzadigen, mag de lengte van de voederkrib gereduceerd worden. Dit betekent dat de koeien niet tegelijkertijd kunnen eten, maar op voorwaarde dat de reductie in lengte niet te groot is, wordt aangenomen dat de agressie niet toeneemt en de productie niet afneemt. De minimale lengte mag niet kleiner zijn dan deze aangegeven door formule (11).

$$TLK_{gb} = n \cdot W \quad (11)$$

[gedeeltelijk beperkte toegang]

Als het voeder onbeperkt toegankelijk is gedurende nagenoeg 24 uur per dag (voorraadvoeding, zelfbediening), kunnen gedomineerde koeien onder confrontaties uitkomen zonder dat hun opname in het gedrang komt. Hoewel de ganse veestapel niet tegelijk kan eten, kunnen koeien toch sociale groepen vormen die samen eten. Het voeder is ter beschikking in de voedergang of in de silo, de voeding zelf wordt geregeld met behulp van een verplaatsbaar hekken of iets soortgelijks.

Aangezien het voeder steeds ter beschikking is kan de lengte van de voederkrib aanzienlijk gereduceerd worden zoals te zien is in formule (12).

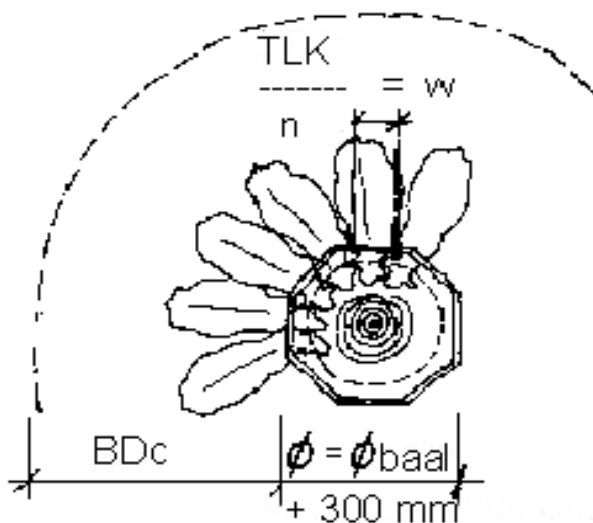
$$TLK_{al} = n \cdot 0,5 \cdot W \quad (12)$$

[ad libitum]

3.6.4.2 Niet langwerpige voederbakken

Ronde of gelijkaardige voederbakken worden gewoonlijk gebruikt voor ronde balen kuilvoeder of hooi. De aanbevolen maatvoering is te zien in figuur 44. De minimale afstand tussen dergelijke bak

en een muur, hek of iets dergelijks, komt overeen met de breedte van een doorgang BDc uit tabel 14. De diameter moet overeenkomen met deze van de te voederen ronde balen, waarbij ten minste



300mm wordt opgeteld.

Figuur 44. Hoektypes in éénrichtingsdoorgangen

Als de toegang tot het voeder beperkt wordt, moet de bruikbare plaats per koe gelijk zijn aan de schouderbreedte van de koe (W).

$$TLK_b = n \cdot W \quad (13)$$

[beperkte toegang]

Als het voeder onbeperkt ter beschikking is, kunnen de maten worden gereduceerd tot:

$$TLK_{al} = n \cdot 0,4 \cdot W \quad (14)$$

[ad libitum]

3.6.4.3 Krachtvoederautomaten

Deze automaten moeten zo geplaatst worden dat gedomineerde koeien zich gemakkelijk uit de voeten kunnen maken. De minimale afstand tussen de automaat en de wand of een andere barrière mag daarom niet minder zijn dan BDb en de minimale ruimte voor de automaat moet een breedte BDC hebben (zie tabel 14).

3.6.4.4 Voeding buiten

Het is mogelijk de dieren buiten te voeden, afhankelijk van het klimaat onder een dak of in open lucht. De ruimtelijke vereisten zijn dezelfde als binnen en alle aanbevolen maatvoeringen kunnen gevolgd worden (BD, TLK, ...).

3.6.5 Wachtruimte

3.6.5.1 Inleiding

In de wachtruimte verzamelen de dieren voor ze de melkstal betreden. De wachtruimte moet in verbinding staan met de melkstal en moet gemakkelijke manipulatie van de dieren toelaten. Over het algemeen is de bezettingsdichtheid in de wachtruimte hoog en worden de dieren gedwongen in de richting van de ingang van de melkstal te bewegen. Een verplaatsbare barrière (opdrijfhek) kan worden gebruikt om ze in de juiste richting te dirigeren.

Een overdekte wachtruimte die de dieren droog houdt voor ze de melkstand betreden, is te verkiezen. Behalve in strenge klimaten hoeft de wachtruimte niet geïsoleerd te zijn. Natuurlijke ventilatie volstaat voor de afvoer van de geproduceerde warmte en waterdamp, bijvoorbeeld door een open nok met open zijwanden te combineren.

De koeien zullen gemakkelijker de melkstal betreden als ze vanuit de wachtruimte activiteiten in de melkstal kunnen zien. Het is eveneens nuttig dat de melker de koeien in de wachtruimte kan observeren. Om die reden wordt een gedeeltelijk open afscheiding tussen melkstal en wachtruimte verkozen boven een dichte afscheiding. Eén van de mogelijkheden is het plaatsen van een rolpoort die tijdens het melken wordt opgetrokken. Het gebruik van een gordijn uit PVC-strippen om de openingen te bedekken volstaat om de koude uit de melkstal te houden in de winter. De koeien kunnen dan beweging zien in de melkstal en zullen slechts een minimale training nodig hebben om de melkstal door de strippen binnen te gaan.

3.6.5.2 Vormen en maten

De wachtruimte is bij voorkeur rechthoekig in plaats van vierkant. Het opdrijfhek, gebruikt om de koeien in de richting van de melkstal te dwingen, dient ook om de oppervlakte van de wachtruimte te verkleinen als de groep kleiner wordt (figuur 45).

Om gedragsproblemen te vermijden moet de wachtruimte zorgvuldig gedimensioneerd worden. De oppervlakte (WR in m²/koe) wordt bepaald op basis van de gemiddelde lengte en breedte van de koeien, zoals blijkt uit formule (15).

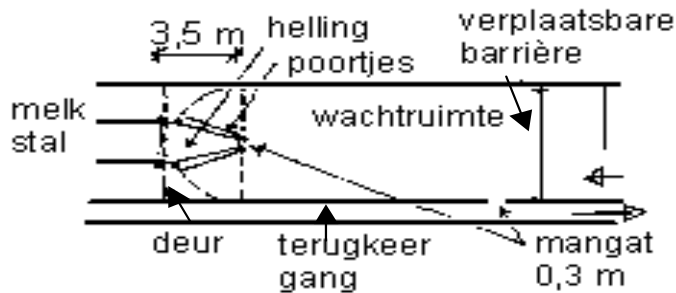
$$WR = 1,3 \cdot L \cdot W \quad (15)$$

Koeien mogen niet meer dan één uur in de wachtruimte doorbrengen.

Als de koeien niet onmiddellijk na het verzamelen worden gemolken moet extra ruimte worden voorzien om natuurlijk gedrag toe te laten en conflicten te vermijden.

In kleine veestapels worden eet- en loopgangen en andere doorgangen soms gebruikt als wachtruimte. In dergelijke omstandigheden is extra ruimte nodig en wordt de factor 1,3 uit formule (15) verhoogd tot 2. Voor grote groepen is deze oplossing niet geschikt vanwege de onpraktische aard ervan, het belemmeren van toekomstige uitbreiding en de moeilijkheid om de stapel in productiegroepen te verdelen. Indien groepen worden gevormd, moeten deze overwegingen worden meegenomen bij het bepalen van de grootte van de wachtruimte.

Als de dieren worden gemolken in de melkstal wanneer ze veranderen van groep, is een verhoging (25%) van de oppervlakte vereist om aan het overlappen tegemoet te komen.



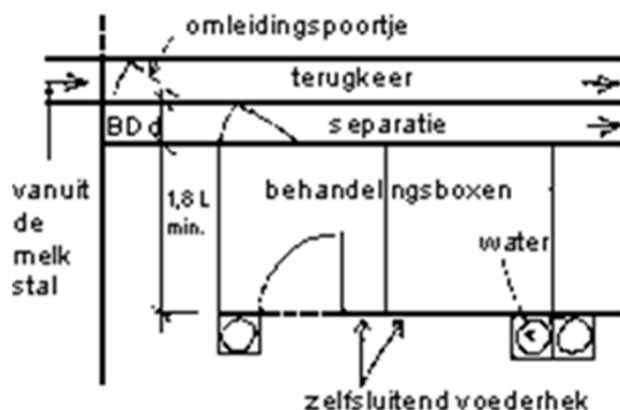
Figuur 45. Principes toegepast op de wachtruimte

3.6.6 Andere voorzieningen

3.6.6.1 Separatie

Het is soms noodzakelijk dieren te isoleren van de groep voor diergeneeskundige en andere behandelingen, wegen, insemineren, enz. Separatieruimtes (boxen, standen, ...) worden het best gesitueerd in de nabijheid van de melkstal, zodat de te separeren dieren na het melken ernaartoe kunnen worden geleid.

Een separatiepoort, geplaatst in een éénrichtingsdoorgang, kan worden bediend door de melker vanuit de melkstal (figuur 46).



Figuur 46. Omleidingspoortje, behandelings- en isolatieboxen

3.6.6.2 Afkalven

Alle melkveebedrijven moeten beschikken over aparte afkalfruimtes. Deze voorzieningen moeten ervoor zorgen dat onmiddellijk na de geboorte het contact tussen koe en kalf en het zuigen van het kalf gestimuleerd worden. Tabel 15 geeft het aantal vereiste afkalfplaatsen weer, in functie van het afkalfpatroon en de periode waarin het kalf gezoogd wordt. Het absolute minimum bedraagt 3% van het aantal koeien.

Tabel 15. Aantal afkalfplaatsen per 100 koeien

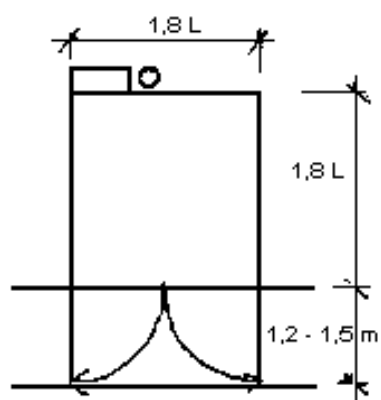
Afkalfpatroon Aantal maanden waarin kalveren geboren worden	Zoogduur 0-1 dag	Zoogduur 3 dagen
12 maanden	3	4,5
6 maanden	6	9
4 maanden	9	13
3 maanden	12	17

De afkalfbox moet voldoende plaats bieden voor de geboortehulp, om de koe te helpen op te staan en om dode dieren te verwijderen.

Individuele boxen zijn bij voorkeur vierkant en de lengte van elke zijde moet overeenstemmen met (formule 16):

$$LK1 = 1,8 \quad L \quad (16)$$

Een doorgang van 1,2 – 1,5m langs de box moet toelaten de box te verlengen door de hekken of de deuren te openen (figuur 47).



Figuur 47. Afkalfbox voor één koe

Koeien kunnen ook in groep afkalven in ingestrooide groepsboxen. Er moet voldoende ruimte zijn om te circuleren naar en van het voeder en het water, de houdingen en bewegingen die gepaard gaan met het afkalven uit te voeren, en om de kalveren te laten zuigen. Uitgedrukt in functie van de lichaamsmaten is een oppervlakte KAR in m² per koe vereist zoals weergegeven in formule (17).

KAR = 4,9 L

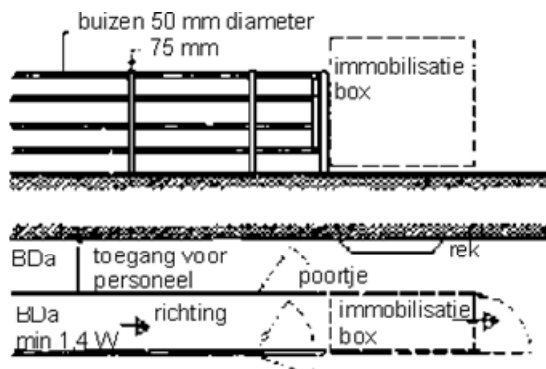
(17)

(KAR minimaal = 8m² / koe)

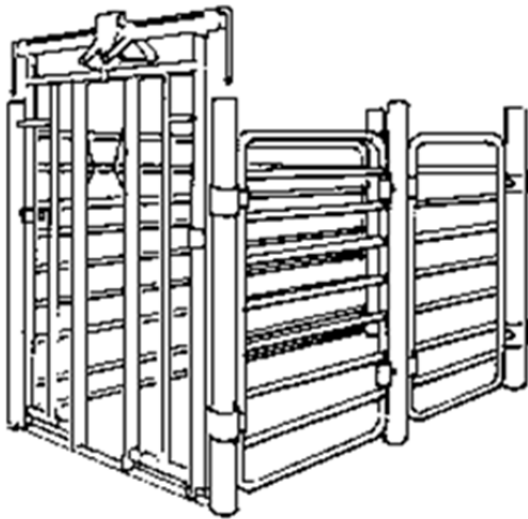
3.6.6.3 Behandelingen

Diergeneeskundige en andere behandelingen (inseminatie, onthoornen, klauwbekappen, toedienen van medicatie e.d.) worden in principe nooit uitgevoerd in de melkstal. Er zijn specifiek voor dit doel speciale voorzieningen noodzakelijk, in een aantal dat 3% van het aantal koeien bedraagt. De normale praktijk is de koeien na het melken naar dergelijke boxen te leiden (fig.46).

Een immobilisatiebox die de dieren vasthoudt en beschermt tijdens hun behandelingen, moet zo geplaatst worden dat ze gemakkelijk toegankelijk is. De voornaamste karakteristieken worden getoond in figuren 48 en 49.



Figuur 48. Immobilisatiebox voor behandelingen



Figuur 49. Immobilisatiebox voor melkvee

Een immobilisatiebox omvat:

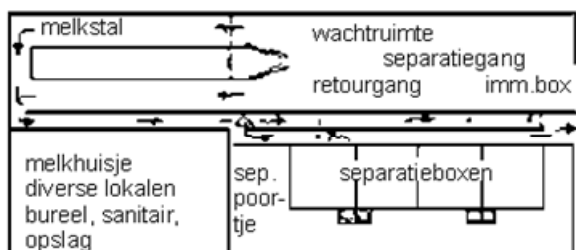
- een rechte toegang (zonder hoeken);
- een uitgang zonder obstakels;
- een doorloopbox, bij voorkeur met een zelfsluitend vastzetsysteem, waarin de koe van alle kanten bereikbaar is;
- een rek in de buurt van de box waarop de materialen en middelen kunnen worden geplaatst;
- koud en warm water binnen bereik;
- eventuele uitrusting voor klauwbekappen.

3.6.6.4 Sorteren en behandelen

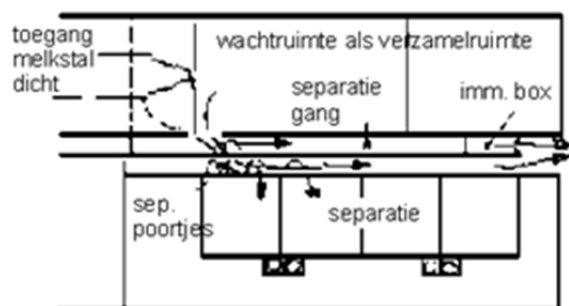
Separatie- en behandelingsuitrustingen moeten zo gegroepeerd worden dat andere sorteringen en behandelingen mogelijk zijn. Per diergroep (kalveren, jongvee en koeien) kunnen verschillende uitrustingen nodig zijn. Eén persoon moet een dier kunnen isoleren en bedwingen, zijn veiligheid is dus van het grootste belang.

Voor veestapels van 50 - 250 koeien, kunnen deze voorzieningen meestal worden geïntegreerd in en rond de melkstal/wachtruimte. Zorgvuldige planning laat toe de wachtruimte, het opdrijfhek, separatiepoortjes e.d. tussen twee melkbeurten extra te benutten voor het sorteren en behandelen.

Figuren 50 en 51 zijn voorbeelden van dergelijke schikkingen.



Figuur 50. Evenwijdige retour- en sorteergang voor koeien vanuit de melkstal



Figuur 51. Het gebruik van de wachtruimte met een opdrijfhek voor het sorteren en behandelen (koeien komen vanuit de wachtruimte in de immobilisatiebox of separatieboxen terecht of gaan terug naar de stal)

De voorbeelden omvatten:

- een zone naast de wachtruimte die gebruikt wordt om de dieren te sorteren en te bedwingen;
- een systeem dat de individuele koeien, wanneer ze de melkstal in een enkele rij verlaten, hetzij terug naar de stal, hetzij naar de behandelingsboxen leidt;
- de wachtruimte die als verzamelplaats wordt gebruikt;
- poortjes die de ingang van de melkstal blokkeren zodat de groep vanuit de wacht/verzamelruimte met behulp van het opdrijfhek in de evenwijdige gangen wordt gestuurd;
- evenwijdige gangen die toelaten de groep in twee subgroepen te splitsen;
- een vastzetsysteem in de separatiegang om de dieren vast te houden voor onderzoek of behandeling;
- de mogelijkheid om dieren naar de behandelingsboxen te leiden waar ze vastgezet kunnen worden.

Het gemak waarmee sorteer- en behandelingsmogelijkheden kunnen worden geïntegreerd, hangt af van het type melkstand. Een visgraatmelkstand zoals weergegeven in figuren 50 en 51, met een enkele retourgang, laat gemakkelijk de sortering naar de separatiegang toe. Bij een melkstand met twee retourgangen is een dubbele voorziening noodzakelijk die veel moeilijker te integreren valt.

Bij zeer grote groepen waar bijna continu gemolken wordt, moet het sorteren en behandelen in een andere omgeving gebeuren. Aparte voorzieningen zijn dan noodzakelijk.

3.6.6.5 Uitloop

De minimale oppervlakte voor een buitenuitloop met bevloering, is dezelfde als deze voor de ligruimte (LR2) in vrije loopstallen (zie 3.1, tabel 10). Vaak worden uitlopen die 2 of 3 keer zo groot zijn aanbevolen. Poorten moeten minstens een breedte hebben die gelijk is aan deze van een tweerichtingsgang (BDb in tabel 14).

Er moeten twee aparte poorten voorzien zijn. In hellingstallen moet de toegang via de mestgang of –ruimte gebeuren en nooit boven aan de helling gesitueerd zijn.

3.7 Melkinfrastructuur

Inleiding

De infrastructuur voor het melken bestaat uit de melkstal waar het melken zelf gebeurt, de wachtruimte waarin de dieren voor het melken worden verzameld en andere ruimtes bestemd voor het materiaal en ten behoeve van de melker. Een goed uitgeruste melkstal, als alternatief voor het melken in de melkveestal, is het voornaamste onderdeel ervan. Vooral in vrije loopstallen is het gebruik van een melkstal aantrekkelijk. De noodzaak om tijdens het melken steeds te bukken vervalt in hoge mate en bovendien gaat het melken sneller.

De melkstal en omgeving functioneren niet louter als melkplaats, het is ook de ruimte waar de koeien geobserveerd kunnen worden. Managementinformatie kan er, visueel of elektronisch, worden verzameld. Koeien kunnen bij het verlaten van de melkstal voor tal van doeleinden gesorteerd worden. Aanpalende en naburige ruimtes kunnen verschillende doelen dienen. De melkinfrastructuur kan het managementcentrum van het bedrijf vormen en een belangrijke rol spelen bij het uitvoeren van de bedrijfsstrategie.

Om die reden gaan de beslissingen bij de lay-out van de melkinfrastructuur verder dan alleen maar de bepaling van de plaats en de keuze van de melkstand. In feite is de melkinfrastructuur een integrale component van het bedrijf, een sleutelement dat de instrumenten omvat die de melkveehouder toelaten de geschikte omgeving voor de dieren te creëren en zijn doelstellingen waar te maken. Zorgvuldige planning is essentieel om ervoor te zorgen dat alle onderdelen correct en rendabel functioneren en bijdragen tot de bedrijfsstrategie.

3.7.1 Melkstallen

Het type en de capaciteit van de melkstal zijn belangrijk, niet alleen in het kader van de totale bedrijfsvoering, maar ook op het vlak van de lay-out en het ontwerp van de melkinfrastructuur op zich.

Vlakke melkstal

Een lokaal in een oude stal, met 6-10 standplaatsen kan bijvoorbeeld als alternatief voor een melkput worden gebruikt, tot deze laatste financieel beter haalbaar is. Deze oplossing kan bijvoorbeeld aangewezen zijn bij het overschakelen van een bindstal naar een vrije loopstal. Een deel van de bindstal wordt behouden en uitgerust met een zelfsluitend voederhek en wordt daarna uitsluitend voor het melken gebruikt. Als een ander deel van de stal als wachtruimte wordt gebruikt, functioneert het geheel bijna als een gewone melkstal.

Tandemmelkstal (individuele standen)

Melkstallen met individuele standen bieden het voordeel dat de koeien individueel behandeld kunnen worden. Er is echter een grotere afstand tussen de uiers in vergelijking met een visgraat of een zij-aan-zij. Deze afstand is een belangrijk gegeven op het vlak van mechanisatie. Bij toenemende mechanisatie zijn meer standen nodig om de melker en de installatie bezig te houden, wat kan leiden tot veel te lange melkputten.

Visgraatmelkstal

Dit type melkstal blijft populair door de lage kosten en goede performantie. De capaciteit varieert gewoonlijk tussen 2x4 en 2x12, maar grotere visgraten van 2x20 en meer komen voor. Visgraatmelkstallen lenen zich goed voor mechanisatie. In veel gevallen maken arbeidsbesparende voorzieningen deel uit van nieuwe installaties.

In andere gevallen laat zorgvuldige planning toekomstige uitbreidingen en automatisatie toe op een moment waarop deze financieel beter haalbaar zijn (automatische afname, automatische deuren, ...). Een traagmelkende koe die alle koeien aan dezelfde kant ophoudt, kan het melkritme behoorlijk verstoren, vooral bij grote melkstallen. Traagmelkende koeien kunnen uitgeselecteerd worden of kunnen in een aparte melkgroep worden geplaatst.

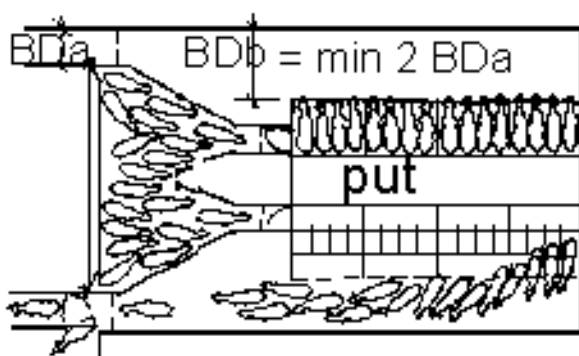
Melkstal met snelwisselsysteem

In dergelijke stal kunnen alle koeien aan één kant tegelijkertijd de melkstal verlaten door individuele poortjes of door een barrière voor de koeien op te heffen. Door de gerealiseerde tijdswinst is dergelijk systeem te verantwoorden voor grotere installaties van 2x10 of groter.

Installaties met een snelwisselsysteem moeten beschikken over 2 retourgangen (één langs beide kanten), zodat voorzieningen voor sorteren en behandelen verdubbeld moeten worden.

Zij-aan-zijmelkstal

Dit type werd recenter geïntroduceerd dan de vorige en varieert in capaciteit van 2x6 tot 2x40 en groter. De koeien staan evenwijdig aan elkaar en loodrecht op de melkput. Dit houdt in dat de melker de melkstellen moet aanbrengen achter de koe, tussen de twee achterpoten. De koeien zijn fysiek van elkaar gescheiden door geleidingshekjes die één voor één worden ontgrendeld bij het binnenkomen van de koeien, zodat ze verplicht de laatste vrije plaats innemen (figuur 52).



Figuur 52. Principe van de zij-aan-zijmelkstal

Mechanisatie/automatisatie van de melkstal

De automatisatie is afhankelijk van de capaciteit, de beschikbare arbeid, de oorspronkelijke investering en de persoonlijke voorkeur. Over het algemeen zijn geautomatiseerde melkstallen groter dan deze zonder automatisatie, om zo de installatie en de arbeid beter te benutten.

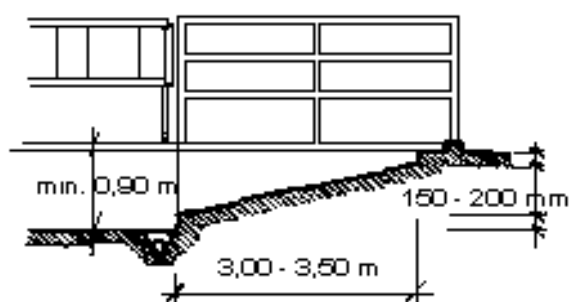
Automatische afname wordt, omwille van het arbeidsbesparend effect wanneer aangepast aan stal en arbeidsbeschikbaarheid, beschouwd als standaarduitrusting van grotere melkstallen. Andere mogelijke opties bestaan uit opdrijfhekken, en automatische opening en vergrendeling van toegangs- en uitgangspoortjes.

3.7.2 Toegang en uitgang

Om een hoge efficiëntie van het melken te realiseren, is vrijwillig en ongedwongen koeverkeer gewenst. Problemen bij het binnenkomen en verlaten van de melkstal vergen arbeidstijd van de melker en verstoren zijn melkroutine.

Bij voorkeur zijn de toegang vanuit de wachtruimte en de uitgang vanuit de melkstal zo rechtlijnig mogelijk. Richtingsveranderingen bij de ingang vertragen de beweging en onderbreken de melker. Als de koeien toch een bocht moeten nemen, dan bij voorkeur bij de uitgang in plaats van bij de ingang. Drempels of hellingen bij de ingang moeten vermeden worden. Als de reglementering toch om een drempel vraagt, is het best deze onder de 20cm hoogte te houden.

Deuren en wanden bij de ingangen en uitgangen hinderen het koeverkeer. Een helling die de melkput verlengt met 3-3,5m in de wachtruimte, laat toe dat de melker zich achter probleemkoeien begeeft, zonder ze van de ingang weg te jagen. De helling moet aan beide kanten begrensd zijn met een afscheiding. Als de afscheidingen van de helling taps naar elkaar toelopen en een opening van 300mm vrijlaten kan deze ook dienen als toegang voor personen. Hekken geplaatst langs de zijden van de helling kunnen gebruikt worden om verschillende groepen koeien naar één van de twee kanten van de melkstal te leiden en om de toegang tot de melkstal af te sluiten (zie figuur 53). Voor de lay-out van de wachtruimte zie 3.6.5.

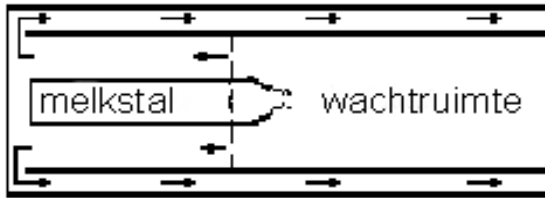


Figuur 53. Helling en melkput (een geul of een gootje voorzien van een rooster verzekert de drainage van de put en de helling)

Het verdelen van krachtvoerders in de melkstal lokt de koeien naar de melkstal maar vertraagt het verlaten ervan. Deze praktijk wordt dan ook afgeraden omdat koeien niet lang genoeg in de melkstand verblijven om alle krachtvoeder die ze voor een hoge melkproductie nodig hebben te kunnen opnemen. Bovendien verloopt het melken door de aandacht die de koeien aan het voeder schenken minder rustig. Indien voeder toch als lokmiddel wordt gebruikt, moet het in gelijke hoeveelheid aan iedere koe worden gegeven (1,5-2kg). Er zijn uitrustingen op de markt om dit te realiseren.

Retourgangen naar de stal

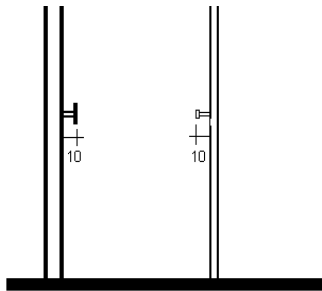
Als er maar één retourgang voorzien is (en dus een deel van de koeien van de ene naar de andere kant van de melkstal moeten oversteken), kunnen de voorzieningen voor het sorteren, behandelen, vastzetten, ... in de nabijheid worden gesitueerd. In melkstallen (visgraat) van 2x8 en meer wordt het verlaten van de melkstal bevorderd door twee evenwijdige retourgangen (één aan elke kant) te voorzien (figuur 54).



Figuur 54. Melkstal met twee retourgangen

De gangen zijn éénrichtingsdoorgangen zoals besproken in 3.6.3. Ze worden schoongespoten of manueel uitgemest. Retourgangen die buiten het gebouw gelegen zijn, wat echter niet zo frequent voorkomt, kunnen breed genoeg zijn om met een trekker of een zelfrijdend toestel uit te mesten. De breedte van de gangen voor stallen met snelwisselsysteem wordt gevonden zoals beschreven in sectie 3.6.3 (BDb), de minimale breedte bedraagt 2 BDa. Als de koeien bij het verlaten van de melkstand moeten gesorteerd worden, moeten deze wijde gangen versmallen tot éénrichtingsgangen met breedte BDa.

Om de muren langs de gangen te beschermen kunnen buizen of stukjes hout worden aangebracht, op 0,65m hoogte. Ze moeten de koeien minstens 10cm van de muur afhouden (figuur 55).



Figuur 55. Bescherming van de muren

3.7.3 Andere zones

Nast de melkstal en de wachtruimte kan de melkinfrastructuur o.a. nog een melkhuisje, machinekamer, voorraadlokaal, personeelslokaal, kantoor, toilet, behandelkamer, ... inhouden.

Het melkhuisje bevat de melktank (of de toegang ertoe) en de uitrusting voor het schoonmaken, desinfecteren en bewaren van het gereedschap, het melkopvanggedeelte en (eventueel) de koelgroep. Het melkhuisje (de melktank) wordt best op maat van de verwachte toekomstige ontwikkelingen voorzien.

De machinekamer bevat de machinerie die met het melken te maken heeft (vacuumpomp, pulsatorcontrole), de koelgroep van de melkkoeltank (condensator, warmtewisselaar), e.d. De waterverwarmer en een installatie om de overtollige warmte te benutten om de andere lokalen te verwarmen, vinden eveneens hun plaats in de machinekamer. Het is aangewezen een naar buiten leidende dubbele deur of rolpoort te voorzien om de machinerie te kunnen vervangen.

Een aparte ruimte voor reinigingsproducten en -materiaal, reserve-onderdelen en diergeneeskundige artikelen, kan nuttig zijn. Nationale wetgeving kan eventueel aparte, goed aangeduide ruimtes voor de opslag van medicamenten opleggen.

Voor het personeel kunnen toiletten, kastjes, douches, afwasmogelijkheden en een eet- en ruimte voorzien worden.

Eén of meerdere kantoren kunnen aangewezen zijn. Eén ervan kan dienst doen als ruimte om gegevens (melkproductiecijfers, vruchtbaarheidsgegevens, diergeneeskundige behandelingen, ...) en middelen (voor behandelingen, spermarietjes, ...) te stockeren. Het tweede lokaal dient als eigenlijke kantoor indien dit niet elders op het bedrijf gesitueerd is en bevat de andere gegevens, computer e.d.

Sorteren, behandelen, immobiliseren van dieren gebeurt vaak in de nabijheid van de melkstal, zoals besproken in sectie 3.6.6.

Elk lokaal en elke ruimte verdient voldoende aandacht op basis van de functies ervan, ruimtelijke schikking en verhouding tot de andere lokalen.

In sommige gevallen moet de ruimte aangepast zijn aan de te installeren machines. Het belang van een zorgvuldige planning is dan ook evident.

3.7.4 Samenvatting

De gebouwen en de uitrusting die de melkinfrastructuur uitmaken zijn belangrijke instrumenten om de essentiële taken, opgelegd door de bedrijfsstrategie, uit te voeren. De faciliteiten maken het mogelijk dergelijk plan uit te voeren. Bovendien maken ze deel uit van de omgeving van de dieren.

De melkinfrastructuur kan het centrum van het bedrijf vormen, van waaruit het management gebeurt. Het plannen ervan houdt dus meer facetten in dan de keuze en het ontwerp van de melkstal op zich. Het is meer dan alleen maar de plaats waar de koeien worden gemolken. De planning en het ontwerp moeten gebaseerd zijn op de bedrijfsstrategie en moeten deze ondersteunen.

3.8 Natuurlijke ventilatie

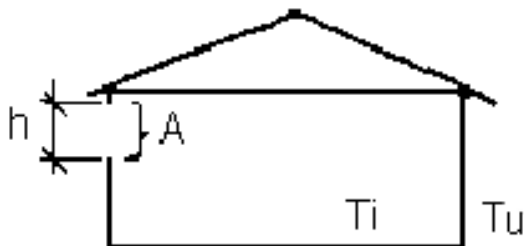
Inleiding

De literatuur vermeldt verschillende empirische formules om de luchtstroom als gevolg van natuurlijke ventilatie te berekenen en de maatvoering van de inlaten te bepalen. Er bestaat een algemeen aanvaarde theorie waarnaar empirische methodes altijd moeten verwijzen.

De twee grote principes aan de basis van natuurlijke ventilatie zijn 1) thermische druk (het schoorsteeneffect) en 2) het windeffect. In dit rapport wordt niet verder ingegaan op mechanische ventilatie omdat dit gewoonlijk niet wordt toegepast in rundveestallen.

3.8.1 Ventilatie als gevolg van de thermische druk

Temperatuurverschillen veroorzaken verschillen in luchtdichtheid (en dus van luchtdruk). In een gebouw met één opening, of verschillende openingen op een zelfde hoogte, functioneert het bovenste deel ervan als uitlaat en het onderste als inlaat (figuur 56).



Figuur 56. Gebouw met zijdelingse openingen op hetzelfde niveau

In dat geval kan men voor elke opening de theoretische formule (1) gebruiken:

$$V = C_D \sqrt{\frac{A}{3} \frac{g h \Delta t}{T_U}} \quad (1)$$

waarin:

- V = ventilatiedebiet (m³/s)
- C_D = coëfficiënt voor weerstandsverliezen (0,6)
- A = oppervlakte van de opening (m²)
- g = valversnelling (m/s²)
- h = hoogte van de opening (m)
- Δt = temperatuurverschil binnen-buiten
= T_I – T_U (K)

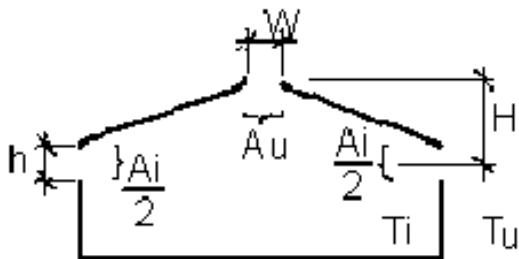
T_u = absolute buitentemperatuur (K)

3.8.1.1 Schoorsteeneffect

Als de openingen zich niet op hetzelfde niveau bevinden, functioneren de bovenste des te meer als uitlaat en de onderste als inlaat naarmate het hoogteverschil toeneemt. Als H (hoogteverschil tussen de middelpunten van de openingen) groter is dan h (hoogte van de openingen), wordt aangenomen dat de onderste opening uitsluitend als inlaat en de bovenste uitsluitend als uitlaat fungeert. Dit wordt het schoorsteeneffect genoemd. Verder worden de drie voornaamste situaties besproken.

3.8.1.1.1 Gebouwen met open nok en inlaten in de zijwanden

Als de hoogte van de zijdelingse inlaten (h) klein is in vergelijking met het hoogteverschil tussen de middelpunten van de zijdelingse openingen en van de nok (H) (figuur 57), kan men de vereenvoudigde theorie volgen (verticale luchtkolom) en de vereenvoudigde formule (2) toepassen:



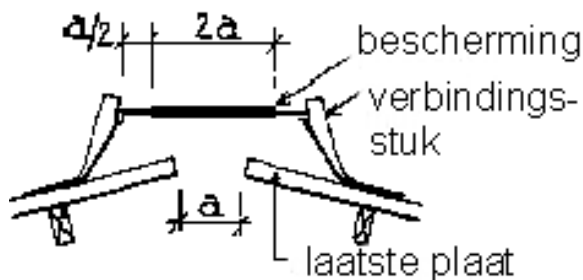
Figuur 57. Gebouw met open nok en zijdelingse openingen

$$V = C_D \sqrt{\frac{2g H \Delta t}{T_u \left(\frac{1}{A_i^2} + \frac{1}{A_u^2} \right)}} \quad (2)$$

waarin:

- V = ventilatie-debiet (m^3/s)
- C_D = coëfficiënt voor weerstandsverliezen (0,5 – 0,6)
- g = valversnelling (m/s^2)
- H = hoogteverschil (m)
- Δt = temperatuurverschil binnen-buiten = $T_i - T_u$ (K)
- A_i = oppervlakte inlaat (m^2)
- A_u = oppervlakte uitlaat (m^2)

Een open nok met bescherming tegen neerslag is weergegeven in figuur 58.

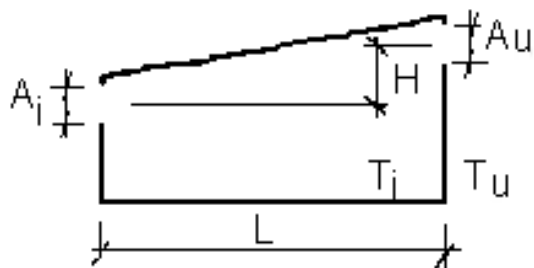


Figuur 58. Open nok met bescherming tegen wind en neerslag (volgens Bruce, Ross and Burnett, 1978)

3.8.1.1.2 Gebouwen waarin de hoogte van de zijdelingse openingen (h) groot is in vergelijking met H (hoogteverschil tussen de openingen)

Formule (2) geldt slechts voor bepaalde verhoudingen H/h en w/h , afhankelijk van de geometrie van het gebouw (h , w , H). w is hierbij de breedte van de open nok. In het geval van figuur 57, geldt de vereenvoudigde formule als $w/h \geq 1$ en $H/h > 1$. Voor $w/h < 1$, onderschat de formule het ventilatiedebiet. Het is evident dat een onderschatting acceptabel is in de zomer omwille van het gunstig effect. Overventileren in de winter kan echter een overdreven temperatuursdaling in de stal teweegbrengen.

3.8.1.1.3 Gebouwen met alleen zijdelingse openingen op verschillende hoogtes (afdak)



Figuur 59. Afdak

Deze situatie is vergelijkbaar met de vorige in die zin dat de bovenste opening net als de open nok dienst doet als uitlaat. Men kan formule (2) gebruiken met een lagere waarde voor de coëfficiënt C_D .

Experimenten met modellen opgesteld door Down, Foster, MacMahon & Redding (1985) tonen aan dat de ventilatie in dergelijke gebouwen veel minder is dan deze in gebouwen met een open nok. Met een dakhelling van 15%, is de ventilatie onder een afdak minstens 50% lager. Om die reden wordt een C_D -waarde van 0,30 – 0,35 voorgesteld (bij een maximale efficiëntie zou C_D gelijk zijn aan 1). De efficiëntie hangt af van de dakhelling en de breedte van het gebouw L , die niet groter mag zijn dan 12 m.

3.8.1.2 Open frontstallen

Als de gebouwen een open front hebben, is een luchtinlaat in de gesloten wand steeds aanbevolen (en zelfs noodzakelijk als de breedte meer dan 5m bedraagt). Zo kan een volledige luchtverversing worden bekomen en wordt condensatie onder het dak voorkomen. Als het gebouw uit een afdak bestaat, is de bijdrage van de inlaat in de gesloten wand te verwaarlozen en het ventilatiedebiet wordt berekend met formule (1) voor het open front.

Als het gebouw een open nok heeft, bestaat een benaderende methode eruit het ventilatiedebiet als gevolg van het schoorsteeneffect [*formule (2) met betrekking tot de inlaat in de gesloten wand en de open nok*] en het debiet te wijten aan het open front [*formule (1)*] op te tellen.

3.8.1.3 Ontwerp van schoorstenen

Als de luchtuitlaat een schoorsteen is met een constante doorsnede, kan dezelfde formule (2) worden gebruikt met de volgende aanpassingen:

- H = hoogteverschil tussen de top van de schoorsteen en het middelpunt van de inlaatopening
A₀ = oppervlakte van de schoorsteendoorsnede;
C_D = coëfficiënt voor weerstandsverliezen (0,45 – 0,50)

Praktische aanbevelingen:

- de schoorsteen moet goed geïsoleerd zijn
- (K = 0,5 W/m² K);
- de doorsnede is tussen 0,25m² en 1m² groot (d.w.z. de diameter bedraagt 0,55-1,1m);
- als de schoorsteen over een kap beschikt moet deze een breedte hebben van 2D (D = diameter van de schoorsteen), de verticale afstand vanaf de top moet D/2 bedragen, en de kap moet bevestigd worden met enkele smalle verticale steunen;
- de afstand tussen schoorstenen mag niet groter zijn dan deze tussen de schoorstenen en de wanden;
- de schoorstenen moeten zo ver mogelijk van de inlaten en de deuren verwijderd zijn.

3.8.2 Windeffect

Er bestaat een volledige theorie op basis van drukcoëfficiënten, maar de vergelijkingen zijn moeilijk op te lossen.

Een vereenvoudigde formule is de volgende:

$$A = \frac{V}{E \cdot v} \quad (3)$$

waarin:

- A = oppervlakte van de opening naar de wind gekeerd (m²)
V = ventilatiedebiet (m³ / s)
v = windsnelheid (m / s)
E = doeltreffendheid van de opening:
0,5 – 0,6 voor een loodrechte wind;
0,25 – 0,35 voor een dwarse wind.

De ontwerper moet zich realiseren dat er niet altijd wind is en dat de windrichting steeds kan veranderen. Om die reden wordt er aangenomen dat de windbijdrage beperkt wordt (v <= 0,5m /sec) door de in de stal genomen maatregelen om hoge luchtsnelheden te verminderen.

3.8.3 Controle van de luchtsnelheid

3.8.3.1 Constructies

Inlaten moeten zo ontworpen zijn dat koude tocht op de dieren wordt vermeden en een volledige luchtverversing kan worden gerealiseerd. Gaatjesplafonds (Graee, 1974) in warme stallen, regelbare openingen onder de dakranden, verschillende types inlaten in de wanden zoals space

boarding, poreuze materialen in kunststof of polypropyleen in koude stallen, zijn de meest voorkomende types.

In streken waar stevige winden voorkomen, moeten windschermen worden voorzien voor de aan de wind blootgestelde openingen.

3.8.3.2 Berekeningsmethodes

Als de openingen voorzien zijn van windschermen zijn formules (1) en (2) niet geldig aangezien de reële openingen en de effectiviteit ervan niet bekend zijn. In dat geval stelt Pearson (1993) voor experimenteel bepaalde coëfficiënten voor weerstandverliezen te gebruiken.

Formule (2) wordt dan:

$$V = \sqrt{T_0 \frac{2g H \Delta t}{\left(\frac{k_1}{A_1^2} + \frac{k_2}{A_2^2} \right)}} \quad (4)$$

waarin A_1 en A_2 verwijzen naar de oppervlaktes van de in- en uitlaten (de aan de wind blootgestelde openingen bestaande uit de gaten en gleuven omringd door solide materiaal) en k_1 en k_2 zijn de coëfficiënten voor de weerstandsverliezen. Om formule (4) te gebruiken is gedetailleerde informatie nodig over de k-waarden van specifieke constructies en openingstypes.

3.8.4 Recente ontwikkelingen en actuele praktijken

Aanbevelingen voor de natuurlijke ventilatie van vrije loopstallen voor melkvee, zowel in zomer- als winteromstandigheden, evolueren continu. Een toenemend begrip van de relaties tussen ventilatieprocessen en stalomgeving én de toenemende eisen die door hoogproductieve koeien aan hun omgeving worden opgelegd, liggen hieraan aan de basis.

In de winter wordt verwacht dat de binnentemperatuur in een natuurlijk geventileerde, niet geïsoleerde stal enkele graden hoger ligt dan de buitentemperatuur als gevolg van door de dieren geproduceerde warmte. In de zomer benadert de binnentemperatuur de buitentemperatuur of is hij enkele graden lager, afhankelijk van de relatieve luchtvochtigheid en windsnelheid. Evaporatieve koeling is in sommige gevallen evident. Staltemperaturen die hoger zijn dan de buitentemperatuur zijn in de zomer dus niet noodzakelijk onvermijdelijk.

Over het algemeen hebben koude, natuurlijk geventileerde, vrije loopstallen volgende karakteristieken:

- i) geen isolatie;
- ii) een open nok en inlaten onder de dakrand;
- iii) regelbare openingen in de zijwanden.

In principe dient het gebouw als bescherming tegen de zon in de zomer en tegen de wind en neerslag in de winter.

3.8.4.1 Karakteristieken van een open nok

Het plaatsen van een open nok en openingen onder de dakrand is lang beschouwd als het middel om een schoorsteeneffect te creëren met luchtverversing als gevolg, vooral om in de winter de vochtigheid te beheersen. De huidige aanbevelingen houden in dat er een nok van 5cm per 3m stalbreedte en een equivalente opening verdeeld wordt over de twee zijden.

Verhoogde nokkappen moeten vermeden worden aangezien het functioneren ervan niet te voorspellen is door lokale windpatronen. In de praktijk wordt er vaak wind in de structuur geleid waardoor regen en sneeuw door de nok in de stal worden geblazen.

3.8.4.2 Openingen in de zijgevels en topgevel

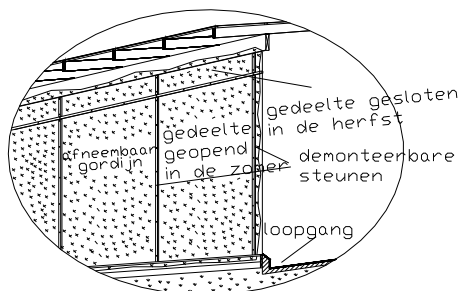
In de zomer hangt de ventilatie af van de wind. De belangrijkste invloeden op het ventilatiedebiet als gevolg van wind, staan in verband met de oppervlaktes van de openingen, lokale obstakels (heuvels, vegetatie, naburige gebouwen), windsnelheid en windrichting. Om het ventilatiedebiet als gevolg van de wind te maximaliseren, worden de openingen zo groot mogelijk gemaakt en wordt het gebouw zo gesitueerd dat het maximaal aan de heersende winden is blootgesteld (met een lange zijde naar de wind toe).

Stallen waarvan de zijgevels en de topgevel geopend zijn, hebben in de zomer een betere ventilatie met als resultaat een lagere gemiddelde binnentemperatuur. Het grootste voordeel voor de koeien heeft echter te maken met de extremen, hoge temperaturen overdag en lage temperaturen 's nachts.

Ze worden niet alleen geconfronteerd met temperatuurspieken die lager zijn maar ook korter duren. Bovendien zal de binnentemperatuur, naarmate de buitentemperatuur 's nachts zakt, deze vlug volgen zodat de dieren maximaal van dit verkoelend effect kunnen profiteren.

Er kan rekening worden gehouden met seizoensmatige weerveranderingen door de openingen (deuren, zijgevels, topgevel) aan te passen. Nochtans zijn automatische controlesystemen en zelfs het frequent handmatig aanpassen overbodig. Een melkkoe kan de normale dagelijkse temperatuurschommelingen en zelfs de seizoensschommelingen gemakkelijk aan, zeker in de zomer.

Verschillende materialen en methodes worden toegepast om de zijopeningen te sluiten bij kouder weer. De eenvoudigste en goedkoopste oplossing bestaat uit het gebruik van een synthetisch gordijn om de volledige wand af te sluiten. In de zomer wordt het manueel opgerold en vastgemaakt. Om de opening te sluiten wordt het losgemaakt en verticaal en horizontaal vastgezet (figuur 60).



Figuur 60. Gordijn

Belangrijke delen van de driehoekige topgevels onder een zadeldak blijven eveneens open. Deze openingen, die zich ruim boven de koeien bevinden mogen de laatste zijn om dicht te maken bij het begin van de winter en de eerste om erna te openen.

Dit verzekert voldoende ventilatie gedurende periodes met schommelende omgevingstemperaturen terwijl te koude luchtbewegingen in de nabijheid van de dieren worden vermeden, en dit zonder frequente interventies.

Gebouwen zonder zijwanden, waarbij in de winter de openingen worden dichtgemaakt, beïnvloeden melkproductie en productiekosten op een positieve manier. Melkproductiedalingen (en dus inkomensverliezen) door te warme temperaturen worden beperkt, terwijl de constructiekosten lager zijn.

3.8.4.3 Isolatie / geen isolatie

In de winter zijn de temperaturen in niet geïsoleerde («koude») stallen niet meer dan 3 à 6°K hoger dan buiten. Dit wordt gewoonlijk bereikt door natuurlijke ventilatie zonder regeling, een open nok en zijopeningen van aangepaste afmetingen en door deur- en wandopeningen aan te passen.

Adequate luchtverversing gedurende koude periodes, om de vochtigheid te beheersen, elimineert de behoefte aan isolatie.

Als er onder het dak isolatie is aangebracht, is het mogelijk dat een potentieel 'koude' stal niet meer functioneert en als dusdanig beheerd moet worden. Isolatie impliceert dat het niet meer om een koude stal gaat en dat er bijkomende mogelijkheden zijn om ventilatieopeningen te sluiten of te blokkeren om de ventilatie te beperken gedurende extreme weersomstandigheden. Het belangrijkste struikelblok van deze benadering is het gebrek aan controle om een aangepast ventilatieniveau terug in te stellen nadat het extreme weer voorbij is. De gevolgen van beheersfouten zijn des te ernstiger naarmate de koeien hoogproductiever zijn en dus meer warmte en waterdamp produceren. Opdat een geïsoleerde stal goed beheerd zou worden moet hij beschouwd worden als een warme stal in plaats van als een koude stal. Hij vraagt aangepaste isolatie, een hoog managementsniveau en een perfect geregelde ventilatie.

Stallen met isolatie onder het dak worden dikwijls ondergeventileerd omdat men geen condensatieproblemen vaststelt. Naast problemen op het vlak van diergezondheid levert onderventilatie een te vroege structurele degradatie van de stal op.

Condensatie onder het dak in een koude gesloten stal is een instrument of signaal voor de melkveehouder dat er teveel waterdamp wordt geproduceerd in verhouding tot wat afgevoerd wordt en er dus bijkomende openingen moeten worden gecreëerd. Isolatie neemt dit signaal weg en kan dus leiden tot een potentieel ongewenste leefomgeving voor de dieren.

3.8.4.4 Beheer van natuurlijke ventilatiesystemen

Het ventileren van koude, niet geïsoleerde stallen lijkt evident tijdens de extreme omstandigheden: door de open nok en zijopeningen onder de dakrand in de winter, of via volledige open zijwanden, topgevels en deuren in de zomer. Meestal situeren de reële weersomstandigheden zich daar ergens tussen.

In de winter is de combinatie open nok en zijopeningen onder de dakrand als enige bron van ventilatie slechts geldig gedurende het meest strenge winterweer, wanneer de temperaturen zeer laag zijn of wanneer het winderig, stormachtig weer is. Gedurende alle andere periodes is bijkomende ventilatiecapaciteit noodzakelijk. Het openen van de deuren is de meest gebruikelijke maatregel. Ook delen van de topgevel onder het zadeldak kunnen geopend worden, of de zijgevel weg van de overheersende wind in de winter kan opengemaakt worden. Over het algemeen wordt te veel ventileren verkozen boven te weinig.

In de winter moet de luchtbeweging in de stal voldoende zijn om een binnentemperatuur van 3-6°K boven de buitentemperatuur te behouden. Het plaatsen van een thermometer in de stal kan zijn nut hebben. Als de binnentemperatuur oploopt tot meer dan 3-6°K boven de buitentemperatuur is er meer ventilatie nodig. Blijvende condensatie onder het dak is eveneens een teken dat meer openingen moeten worden vrijgemaakt.

Tijdens vorstperiodes is het aan te raden de maximale bezettingsdichtheid na te streven, om het doortrappen van de mest te bevorderen en vastvriezen van de mest aan de vloer te voorkomen.

De gangen moeten onmiddellijk na het verplaatsen van de koeien naar de melkstal mestvrij worden gemaakt.

Het kan nodig zijn de mestschuif met een stalen blad uit te rusten of een zwaardere trekker te gebruiken.

Zodra de lente nadert, kunnen de zijwanden vrijgemaakt worden (zeker deze die niet aan de overheersende wind zijn blootgesteld). In de lente zelf moeten alle materialen en beschermingen worden weggenomen. Het is de bedoeling de koeien in de zomer een zonnescherm en in de winter een windscherm te bieden.

4 DUURZAME MELKVEEHOUDERIJ

In de landbouw is er, net zoals in alle sectoren, een toenemende bezorgdheid om de duurzaamheid van de productiesystemen. Het wordt niet langer geaccepteerd dat de productie rendabel is ten koste van de huidige en toekomstige gemeenschap. De kosten voor de gemeenschap liggen, afhankelijk van het politieke standpunt, zowel op het milieu-, ethische als sociologische vlak. Als gevolg daarvan, spelen in de melkveehouderij, naast het dierenwelzijn dat in dit rapport uitvoerig werd behandeld, ook andere factoren mee.

Milieuproblemen zijn bijzonder belangrijk en er wordt veel aandacht besteed aan lucht-, bodem- en watervervuiling. Een van de aspecten daarvan is de luchtvervuiling als gevolg van ammoniakemissies afkomstig van de veehouderij. Zowel de scheiding tussen mest en urine als de vlugge verwijdering van de urine worden beschouwd als reducerende maatregelen. Ze worden toegepast door de vloerprofielen en oppervlaktes aan te passen en mestschuiven en spoelsystemen te installeren. Verzuring van de mest in putten en tanks is een andere maatregel die wordt onderzocht.

Om tegemoet te komen aan de bekommernissen op het ethische vlak mogen de systemen het dierenwelzijn niet nadelig beïnvloeden. Nochtans kunnen bepaalde maatregelen die worden getroffen met het oog op andere problemen het dierenwelzijn schaden. Om bijvoorbeeld de ammoniakemissie te beperken door de urine snel te verwijderen zijn gladde en aflopende vloeren vereist. Dergelijke vloeren kunnen zeer glad worden en slip- en valpartijen veroorzaken. Ook mestschuiven kunnen de vloer glad maken terwijl spoelsystemen aanleiding geven tot natte vloeren.

Vochtige vloeren verzachten de hoeven en kunnen leiden tot kreupelheid. Deze systemen kunnen ook het diergedrag verstoren zoals bijvoorbeeld sociaal gedrag of het vertonen van bronstverschijnselen.

Sociologische bekommernissen betreffen onder andere de arbeidsvoorwaarden waaronder wordt gewerkt. Over het algemeen zorgt een goede werkomgeving ervoor dat de verzorgers meer tijd spenderen aan het beheer van de veestapel en de verzorging.

Opdat een systeem duurzaam zou zijn, moet het ook economisch verantwoord zijn. Een duurzaam productiesysteem behelst dan ook managementprocedures en technologie die gericht zijn op het verbeteren van de stuurbaarheid en de controle van productieparameters. Deze parameters kunnen gerelateerd zijn aan de diergezondheid en –productiviteit (mastitisgevallen, melkproductie), aan de productiemiddelen (voederkosten, elektriciteitskosten), aan de economische prestaties (marge op de krachtvoerders) of aan de productkwaliteit (vetgehalte, celgetal).

Het is uiteraard belangrijk om kennis vanuit verschillende disciplines bijeen te brengen om er zeker van te zijn dat de oplossing van een probleem geen ander probleem creëert. Het is dus onvermijdelijk dat om een duurzame melkveehouderij te realiseren een globale systematische benadering gevolgd moet worden. Op brede basis gestoeld onderzoek zal nodig zijn om voorgestelde compromissen en oplossingen te kunnen evalueren. Slechts productiesystemen die aan bovengenoemde brede doelstellingen beantwoorden, zullen zich in de toekomst kunnen handhaven.

5 REFERENTIES

- Bakken, G., I. Rön & O. Oesteraas, Clinical disease in dairy cows in relation to housing systems. Proceedings 6th Intern. Congress on Animal Hygiene, Report 21, Skara, 1988: 18-22.
- Bockisch, F.-J., Quantifizierung von Beziehungen zwischen der Milchkuh und ihrer Haltungsumgebung. KTBL-Schrift 336, Darmstadt-Kranichstein, Germany, 1989: 354-368.
- Brown, G.A., Dairy cow measurements and analysis in the Aberdeen area. SFBOV International Report, 1977.
- Bruce, J.M., P.A. Ross & G.A. Burnett, Protected openridge design, Farm Building Progress, 1978, 53: 9-10.
- Carrotte, G, L'abreuvement des vaches laitières en stabulation libre. I.T.E.B., 1980.
- Castle, M.E. & Th. P. Thomas, The water intake of British Friesian Cows on rations containing various forage. Animal Production 20, 1975: 181-189.
- Cermak, J., Zoocentric approach definition of cubicle length and width for fresian dairy cows. CIGR Section II Seminar, Aberdeen, 1981: 97-105.
- CIGR, Report of Working Group on Climatization of Animal Houses, 1984.
- CIGR, 2nd Report of Working Group on Climatization of Animal Houses, 1989; 2nd edition 1992.
- Down, M.J., Foster, M.P., McMahon, T.A., Redding, G.J., The design of livestock buildings for natural ventilation: the theoretical basis and a rational design method, Department of Civil and Agricultural Engineering Report, University of Melbourne, 1985, No. 73/85.
- Gloor, P., R. Hilty, & K. Leimbacher, Der Tretniststall-Hinweise zum Bau und Betrieb von Tretniststaellen für Aufzucht Mast- und Milchvieh. FAT-Berichte 346, Tänikon, Switzerland, 1988 : 10 p.
- Graee, T., Breathing building constructions, Reprint of paper presented at ASAE-Summer Meeting, Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma 1974.
- Groth, W. & H.J. Eichler-Steinhauff, Fortschritte der Veterinärmedizin. 12. Kongr. Ber., H.28, Paul Parey, Hamburg, 1978: 34.
- Gustafsson, B., The Swedish cattle industry. Some selected issues regarding family farms, production quotas, housing, animal health and working environment. Report of CIGR Working Group on Cattle Housing, Braunschweig, 1989: 116-123.
- Hughes, B.O. & I.J.H. Duncan, The notion of ethological 'need', models of motivation and animal welfare. Animal Behavior, 36, 1988: 1696-1707.
- Jauschnegg, H., Gewicht und Körpergröße beim Rind. Landtechnische Schriftenreihe Nr. 193, ÖKL, Wien, 1994.
- Keck, M., J. Beck, & K. Zeeb, Liegepositionen und Liegerichtungen von Rindern in Tretnist- und Tieflaufställen. in: Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1992. KTBL-Schrift Nr 356: 67-77.
- Kellner, A., Arbeitszeitbedarf und Strohaufwand fuer Einstreuen und Ausmisten bei zwei verschiedenen Verfahren im selben Einraumtretniststall fuer Milchkuhe mit Auslauf. Bericht über

die Tagung "Kleine Rinderlaufställe - Schwerpunkt Milchvieh", BAL Gumpenstein, Irdning, Austria, 1991: 53-55.

Menke, Chr., S. Waiblinger & D.W. Fölsch, 1993. Kühe mit Hörnern im Laufstall. Die Grüne (Schweiz), 1993, 19, 16-18.

Metzner, R., Trinkverhalten des Rindes technischnrichtig umsetzen, Landtechnik 33 (1978), 9, 386-391.

Minonzio, G. & R. Huber-Hanke, Der Tretmiststall für Rinder. in: Bericht über die 8. IGN-Tagung "Okosoziale Modelle für eine bäuerliche Tierhaltung", BAL Gumpenstein, Irdning, Austria, 1990: 74-79.

Oswald, T., Der kuhtrainer. FAT-Bericht Nr. 37. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, Tänikon, Switzerland, 1992.

Pearson, C.C., An improved calculation method for design of natural ventilation by thermal buoyancy, Proceedings of IVth Livestock Environment Symposium, Coventry, ASAE, St. Joseph, Michigan, USA, 1993: 795-802.

Reinhardt, V., Untersuchungen zum Sozialverhalten des Rindes. Tierhaltung Band 10. Birkhäuser, Basel, Boston, Stuttgart, 1980.

Schnitzer, U., Abliegen, Liegestellungen und Aufstehen beim Rind im Hinblick auf die Entwicklung von Stalleinrichtungen für Milchvieh. KTBL-Bauschriften, Heft 10, 1971.

Tillie, M., 1986. Design of free stall partitions and the welfare of animals. Proceedings from the dairy free stall housing symposium, Harrisburg, Pennsylvania, Jan 15-16, 1986, Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1986: 67-79.

Tillie, M., Connaissance acquises concourant à la conception de la stabulation libre pour vaches laitières. Annexe au mémoire présenté pour le titre d'ingénieur D.P.E., l'ENITA de Dijon, 1987.

Westendorp, T.J., Vastzetsystemen in Grupstallen. Publikatie n° 219, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen (I.M.A.G.), 1987.

Wiepkema, P.R., On the identity and significance of disturbed behaviour in vertebrates. In: Bessei, W. (Editor) - Disturbed Behaviour in Farm Animals. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1982: p 7-17.

Zeeb, K., 1986. Anregungen zur Haltung und Behandlung von Mutterkühen. Tierärztliche Umschau 2, 1986: 99-105.

Zeeb, K., 1992. Tretmist: Für Mutterkühe optimal. DLG-Mitteilungen/ agrar-inform 12/1992: 44-46.

Zeeb, K. & U. Schnitzer, Der Tretmiststall für Rindvieh - verhaltensgerecht, wirtschaftlich, umweltfreundlich. Ausstellungsbeitrag für die Badische Landwirtschaftsausstellung "BALA", 1991, Freiburg/Breisgau, Germany.

FIGURENLIJST

Figuur 1.	Belangrijkste lichaamsmaten van koeien	3
Figuur 2.	Natuurlijke rustposities bij koeien (volgens Schnitzer, 1971)	9
Figuur 3.	Effect van de temperatuur op de melkproductie in % van de maximale productie bij de opgegeven luchtsnelheid (Johnson, 1965).....	18
Figuur 4.	Natuurlijke bewegingen van een koe bij het opstaan	24
Figuur 5.	Ligboxafschieding die toelaat de ruimte in de naburige box te benutten	24
Figuur 6.	De drie vrije zones van de afscheidingen (H = schofthoogte, LT = lengte totaal) ..	25
Figuur 7.	Ruimtelijke definitie van ligboxen met zijdelings gedeelde ruimte.....	25
Figuur 8.	Kop aan kop ligboxen	26
Figuur 9.	Ruimtelijke definitie van ligboxen zonder gedeelde ruimte	26
Figuur 10.	Ligbed met matras.....	28
Figuur 11.	Nodige oppervlakte voor een staande koe	29
Figuur 12.	Minimale oppervlakte voor een liggende koe	30
Figuur 13.	Dynamische oppervlakte voor een koe bij het opstaan	30
Figuur 14.	Systeem met 2 zones en ingestrooide ligruimte.....	31
Figuur 15.	Systeem met meervoudige zones (1) en met 2 zones en hellende vloer (2), telkens met ingestrooide ligruimte	31
Figuur 16.	Systeem met meervoudige zones en hellende vloer	31
Figuur 17.	Circulatie van de koeien in vierkante en rechthoekige strobedden	34
Figuur 18.	Optimale verdeling van de verschillende afdelingen van een systeem met 2 zones (LR = ligruimte, ER = eetruimte, LOR = loopruimte of mestruimte).....	34
Figuur 19.	Effect van de helling (8 - 10%) op de aangenomen houdingen van de liggende koeien (volgens Keck et al., 1993)	34
Figuur 20.	Ingestrooide ruimte en eetruimte met roosters	35
Figuur 21.	Mogelijke opstellingen bij een ingestrooide helling (doorsnede) (LR = ligruimte, ER = eetruimte, LOR = loopruimte, BD = breedte doorgang in functie van 3.6) ..	36
Figuur 22.	Stockage van het stro bovenaan de helling (zelfde symbolen als figuur 21)	36

Figuur 23.	Doorsnede van een korte stand	38
Figuur 24.	Bewegingsvrijheid toegelaten door het bindstelsel	39
Figuur 25.	Onderdelen van een bindstand om de bewegingen en de posities van de koeien te controleren	40
Figuur 26.	Maatvoering voor een horizontaal voederhek	42
Figuur 27.	Maatvoering voor een diagonaal voederhek	42
Figuur 28.	Maatvoering voor een Zweeds voederhek	42
Figuur 29.	Maatvoering zwaluwstaartvoederhek	44
Figuur 30.	Typische maatvoering van een zelfsluitend voederhek.....	44
Figuur 31.	Hooirek met diagonaal voederhek	45
Figuur 32.	Behoeftte aan water per koe en per dag in functie van de productie en het DS-gehalte van het voeder (Westendorp,1987)	46
Figuur 33.	Normale positie van de kop bij het drinken (Metzner, 1978).....	46
Figuur 34.	Drinkbak met een constant niveau en een anti-verontreinigingsstang of trede	47
Figuur 35.	Drinkbak met constant niveau	48
Figuur 36.	Plaats van een drinkbak in een doorgang	49
Figuur 37.	Drinkbak in een ingestrooide stal	49
Figuur 38.	Hexagonale ant-slip oppervlakte: gelijke slipresistentie in alle richtingen	51
Figuur 39.	Parallele groeven: beweging loodrecht op groeven.....	51
Figuur 40.	Maten van roosters	52
Figuur 41.	Circulatie van en naar de melkstal.....	54
Figuur 42.	Drie types doorgangen	55
Figuur 43.	Hoektypes in éénrichtingsdoorgangen.....	57
Figuur 44.	Hoektypes in éénrichtingsdoorgangen.....	58
Figuur 45.	Principes toegepast op de wachtruimte	60
Figuur 46.	Omleidingspoortje, behandelings- en isolatieboxen	60
Figuur 47.	Afkalfbox voor één koe	61
Figuur 48.	Immobilisatiebox voor behandelingen	62
Figuur 49.	Immobilisatiebox voor melkvee	62
Figuur 50.	Evenwijdige retour- en sorteergang voor koeien vanuit de melkstal.....	63

Figuur 51.	Het gebruik van de wachtruimte met een opdrijfhek voor het sorteren en behandelen (koeien komen vanuit de wachtruimte in de immobilisatiebox of separatieboxen terecht of gaan terug naar de stal)	63
Figuur 52.	Principe van de zij-aan-zijmelkstal	65
Figuur 53.	Helling en melkput (een geul of een gootje voorzien van een rooster verzekert de drainage van de put en de helling).....	66
Figuur 54.	Melkstal met twee retourgangen	67
Figuur 55.	Bescherming van de muren.....	68
Figuur 56.	Gebouw met zijdelingse openingen op hetzelfde niveau.....	69
Figuur 57.	Gebouw met open nok en zijdelingse openingen.....	70
Figuur 58.	Open nok met bescherming tegen wind en neerslag (volgens Bruce, Ross and Burnett, 1978).....	71
Figuur 59.	Afdak.....	71
Figuur 60.	Gordijn	74

TABELLENLIJST

Tabel 1.	Lichaamsmaten van koeien volgens Tillie (1986), op basis van gegevens over Britse Friese koeien uit Brown (1977) [Geciteerd door Cermak (1991)].....	4
Tabel 2.	Lichaamsmaten bij verschillende rassen (volgens het Institut Technique de l'Elevage Bovin, Frankrijk, 1982)	4
Tabel 3.	Lichaamsmaten van koeien volgens Tillie (1986), op basis van gegevens over Britse Friese koeien uit Brown (1977) [Geciteerd door Cermak (1991)]	4
Tabel 4.	Lichaamsmaten van verschillende rassen in Oostenrijk, bij een gewicht van 650kg, volgens Jauschnegg (1994): gemiddelde (\bar{x}), minimum en maximum met een betrouwbaarheid van 95% in het interval ($\bar{x} \pm 2s$)	5
Tabel 5.	CIGR Standaardmaten voor melkvee	5
Tabel 6.	Praktische waarden om ventilatienormen te berekenen voor melkvee (werkgroep 'Klimatisatie' van het CIGR)	17
Tabel 7.	Invloed van de temperatuur op de melkproductie in % van de maximale productie bij de opgegeven luchtsnelheid (Johnson, 1965).....	18
Tabel 8.	Ventilatienormen per koe (m^3/u).....	20
Tabel 9.	Ligboxafmetingen: minimale breedte B_m , lengte van het ligbed LL en totale lengte van de ligbox LT volgens formules (1), (2), (5) et (6)	27
Tabel 10.	Totale oppervlakte en ligruimte berekend met formules (7), (8), (9), (10) en (11)	33
Tabel 11.	Gemiddeld stroverbruik van de systemen	37
Tabel 12.	Drinkbaklengte per koe volgens voedertype en -systeem.....	50
Tabel 13.	Belangrijkste maten van roosters voor runderen	52
Tabel 14.	Breedte van doorgangen voor koeien met 3 verschillende lichaamsmaten (sectie 2.1: CIGR Standaard) in functie van formules (2), (3), (4) en (5) (afgerond)	56
Tabel 15.	Aantal afkalfplaatsen per 100 koeien	61

