

Februari 2021

Afstudeerwerkstuk

*Bestrijding van de gevolgen van droogte en
hitte door Nederlandse melkveehouders*



Gijs Koelewijn

AERES HOGESCHOOL DRONTEN

Afstudeerwerkstuk

Bestrijding van de gevolgen van droogte en hitte door Nederlandse melkveehouders

Auteur:

Naam: Gijs Koelewijn
Mailadres: 3023027@aeres.nl
Onderwijsinstelling: Aeres Hogeschool Dronten
Opleiding: Dier- en veehouderij
Plaats: Nijkerk
Datum: Februari 2021

Aeres Hogeschool:

Afstudeerdocent: Arthanja Verweij
Mailadres: A.verweij@aeres.nl

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Dit afstudeerwerkstuk is geschreven aan het eind van de opleiding Dier- en veehouderij aan de Aeres Hogeschool in Dronten. Dit rapport is geschreven naar aanleiding van de droge jaren 2018, 2019 en 2020. *Bestrijding van de gevolgen van droogte en hitte door Nederlandse melkveehouders* wil oplossingen en handvatten bieden voor Nederlandse melkveehouderijen in het zoveel mogelijk beperken van de gevolgen van droogte en hitte op het bedrijf.

Dank gaat uit naar Arthanja Verweij als begeleider en coach vanuit Aeres Hogeschool tijdens het maken van dit rapport.

Ik wens u veel leesplezier,

Gijs Koelewijn

Nijkerk, februari 2021

Samenvatting

De wereldwijde klimaatverandering heeft zo zijn gevolgen voor Nederland en de Nederlandse melkveehouderij. De kans op droge jaren en hete zomers neemt toe, met als meest recente voorbeelden de jaren 2018, 2019 en 2020. De droogte en hitte leidt tot ruwvoertekorten, gezondheidsproblemen bij het vee en een lagere melkproductie. Wetenschappers voorspellen dat hete en droge jaren in de toekomst vaker zullen voorkomen, en dus moet hier op worden ingespeeld.

Het doel van dit onderzoek is om melkveehouders handvatten te bieden om zo goed mogelijk om te gaan met de gevolgen van de droogte en de hitte. Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag ingesteld: *Wat kan een Nederlandse melkveehouder het best doen bij de bestrijding van de gevolgen van langdurige droogte, op het gebied van management in de belangrijkste aspecten van zijn bedrijf?* De belangrijkste aspecten zijn in dit onderzoek de ruwvoerproductie, het stalklimaat en de rantsoensamenstelling.

Om antwoord te geven op de onderzoeksvraag is met behulp van wetenschappelijke databanken, een literatuuronderzoek uitgevoerd. Er is onderzocht hoe gras en mais zo lang mogelijk kunnen blijven doorgroeien tijdens droogte en hitte en wat een melkveehouder hieraan kan doen. Ook is onderzocht op welke manier bemesten, beregenen en andere bewerkingen kunnen helpen om zoveel mogelijk goed ruwvoer te kunnen oogsten tijdens een droog jaar. Het onderzoek beantwoordt ook de vraag hoe de huisvesting en het rantsoen, de koeien zo goed mogelijk door de hitte kunnen loodsen.

Uit de antwoorden op de deelvragen blijkt dat de beworteling een belangrijke factor is in de wateropname van de plant. Het verbeteren van de bodemstructuur en het organische stofgehalte stimuleert de beworteling. Tijdig beregenen en optimaal bemesten helpt bij het verhogen van de ruwvoerproductie. Bij het koelen van de stal is ventileren belangrijk. Door middel van water op of onder het dak kan de gevoelstemperatuur in de stal verder worden teruggedrongen. Door minder structuur te voeren in het rantsoen kan de warmteproductie van de koe worden geremd. Tevens kan een pensbuffer als natriumbicarbonaat pensverzuring voorkomen. Pensbestandig vet en -zetmeel kunnen het energieniveau op peil houden.

Per melkveebedrijf is het effect van elke maatregel verschillend, waardoor er geen eenduidig advies kan worden gegeven voor elk bedrijf.

In algemeenheid wordt aanbevolen om te investeren in een gezonde bodem en een aangenaam stalklimaat. Deze zaken werpen op de lange termijn hun vruchten af. Hiernaast helpen beregenen, gericht bemesten, het vanggewassen oogsten en kleine rantsoenaanpassingen voor minder melkproductieverlies en meer ruwvoer.

Summary

Climate change has its consequences for the Netherlands and Dutch dairy farming. The chance of dry years and hot summers is increasing, with the most recent examples being the years 2018, 2019 and 2020. The drought and heat lead to roughage shortages, health problems for livestock, and lower milk production. Scientists predict that those years will be more common in the future, and so it must be acted upon.

The aim of this research is to offer dairy farmers tools to deal with those extreme heat and dryness. This leads to the following research question: *What can a Dutch dairy farmer best do to combat the consequences of prolonged drought, in terms of management in the essential aspects of his company?* The essential aspects in this research are roughage production, barn climate, and the ration composition.

To answer the research question, a literature search was carried out with the aid of scientific databases. Improving the soil structure and the organic matter content stimulates rooting. It has been investigated how fertilizing, irrigation and other treatments can help to harvest as much good roughage as possible during a dry year. The research also answers the question of how the housing and ration composition can guide the cows through the heat as well as possible.

The answers to the sub-questions show that rooting is an important factor in the water absorption of the plant. A good soil structure is essential for good rooting and can be achieved by preventing soil compaction and working on the organic matter of the soil. Timely irrigation and efficient fertilization helps to increase roughage production. When keeping the barn cool, it is important to refresh the air by ventilating. By means of water on or under the roof, the perceived temperature in the barn can be further reduced. By introducing less structure in the ration, the heat production of the cow can be inhibited. A rumen buffer such as sodium bicarbonate can also prevent rumen acidification. Rumen resistant fat and starch can maintain energy levels.

The effect of each measure differs per farm, so that no unambiguous advice can be given for each company.

In general, it is recommended to invest in healthy soil and a pleasant barn climate. These things are paying off in the long run. In addition, irrigation, efficient fertilization, harvesting green manure, and ration adjustments, help reduce milk production loss and produce more roughage.

Inhoud

Voorwoord	2
Samenvatting.....	3
Summary	4
1. Inleiding	7
2. Materiaal en methode.....	14
2.1 Materiaal	14
2.2 Methode.....	14
2.2.1 Deelvraag 1.....	14
2.2.2 Deelvraag 2.....	15
2.2.3 Deelvraag 3.....	15
3. Resultaten.....	16
3.1 Deelvraag 1.....	16
3.1.1 Beworteling	16
3.1.2 Bemesting	20
3.1.3 Beregenen	22
3.1.4 Doorzaaien of herinzaaien.....	23
3.1.5 Grondbewerking maisland	24
3.1.6 Raskeuze mais	25
3.1.7 Vanggewas.....	25
3.2 Deelvraag 2.....	27
3.2.1 Buitenlandse voorbeelden	27
3.2.2 Verneveling en besproeien.....	28
3.2.3 Lengteventilatie en dwarsventilatie	28
3.2.4 Buisventilatie	29
3.2.5 Dakkoeling	29
3.3 Deelvraag 3.....	31
3.3.1 Beperken warmteproductie	31
3.3.2 Pensbuffer	31
3.3.3 Energie.....	32
3.3.4 Voerkwaliteit	33
4. Discussie	34
4.1 Deelvraag 1.....	34
4.2 Deelvraag 2.....	34
4.3 Deelvraag 3.....	35
5. Conclusie	36

5.1 Beantwoording deelvragen	36
5.2 Beantwoording hoofdvraag.....	36
6. Aanbevelingen.....	37
6.1 Aanbevelingen voor melkveehouders.....	37
6.2 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek.....	38
Bibliografie	39

1. Inleiding

De agrarische sector is voor Nederland erg belangrijk. De sector zorgt voor veel werkgelegenheid wat per jaar toeneemt naar 114.000 banen in 2018 (De Wit & Van den Beukel, 2019). Ook is de sector verantwoordelijk voor ruim negentig miljard euro aan exportproducten in hetzelfde jaar. Naast de sierteeltsector is de zuivelsector met 8,5 miljard de belangrijkste goederengroep (Dolman, Jukema, & Ramaekers, 2019). Een gezonde zuivelsector is dus belangrijk voor Nederland. Toch staat de sector de laatste decennia onder druk en staan er ook voor de toekomst veel uitdagingen te wachten.

Zo is grondgebondenheid een speerpunt in het landbouwbeleid. Al het ruwvoer moet in 2040 van eigen bedrijf komen of uit de directe omgeving. Het krachtvoer mag niet meer van buiten Europa worden geïmporteerd en de bijproducten mogen alleen nog uit Nederland komen. In 2025 is er een tussenstap, dan moet 65% van al het benodigde eiwit van eigen land komen en de import van grondstoffen van buiten Europa moet met twee derde zijn verminderd. Een ander dossier is het reduceren van de ammoniakemissie. In 2030 moet deze met 12 miljoen kilo zijn gedaald. Vanuit de veehouderij is het aandeel van deze emissie volgens Wageningen Universiteit 42%. Ook de waterkwaliteit moet worden verbeterd. De nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water, stelt dat er maximaal 50 milligram nitraat per liter in het bovenste grondwater en het oppervlaktewater in sloten, beken en rivieren aanwezig mag zijn. Voor het oplossen van dit probleem wordt een bijdrage van de landbouw verwacht, terwijl ook de industrie, verkeer en natuurlijke processen invloed hebben (Boonen, 2020).

Naast deze politieke, maatschappelijke en milieutechnische uitdagingen voor de landbouw en melkveehouderij, spelen er ook uitdagingen op het gebied van klimaat. In de zomers van 2018, 2019 en in het voorjaar van 2020 viel er namelijk weinig regen in Nederland (Bouma, 2020).

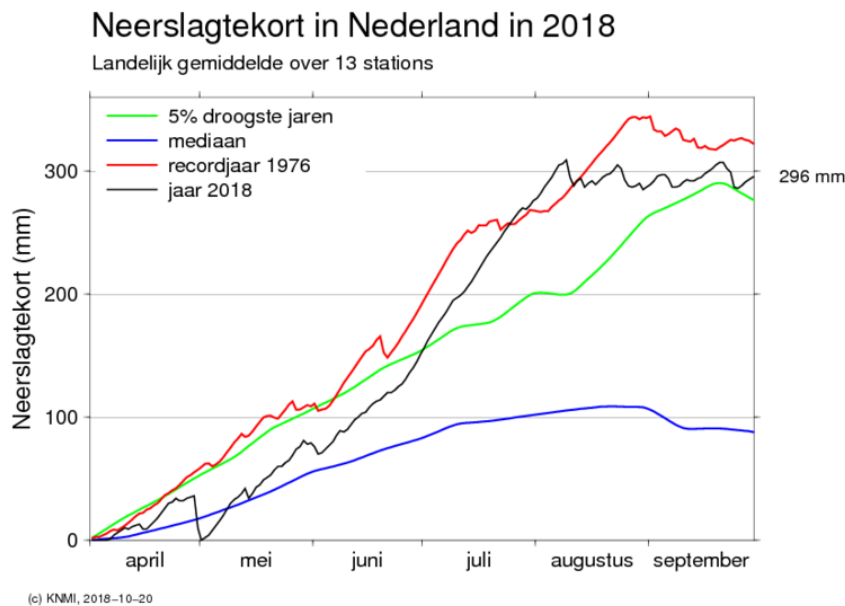
De geschiedenis leert dat eens in de zoveel jaar een droog jaar zich voordoet. Oudere veehouders en akkerbouwers herinneren zich het droge jaar 1976 nog goed, toen het neerslagtekort een recordhoogte van 361 millimeter bereikte. In de recente geschiedenis was 2003 een droog jaar. Het neerslagtekort liep toen op naar 220 millimeter. In tabel 1 zijn de top-5 droogste jaren weergegeven, op basis van het neerslagtekort. Het neerslagtekort is een maat voor de droogte en geeft het verschil weer tussen neerslag en verdamping (KNMI, 2020).

Tabel 1 Top-5 droogste jaren op basis van het neerslagtekort (KNMI, 2020)

Top 5 droogste jaren	Neerslagtekort
1976	361 mm
1959	352 mm
1911	328 mm
1921	321 mm
2018	309 mm

Ook 2018 was een erg droog jaar in Nederland. Waar er in de eerste vijf maanden nog geen sprake was van droogte (er was zelfs geen neerslagtekort begin mei), sloeg in juni de droogte in heel Nederland toe. Het neerslagtekort liep eind juli en begin augustus op naar boven de 300 millimeter, meer nog dan recordjaar 1976 in diezelfde periode. De neerslag in augustus zorgde voor een stagnatie, maar zeker geen afname van het neerslagtekort (figuur 1). De droogte van het jaar ging gepaard met lange periodes van warm en erg zonnig weer. Van 28 juli tot 7 augustus werden twee

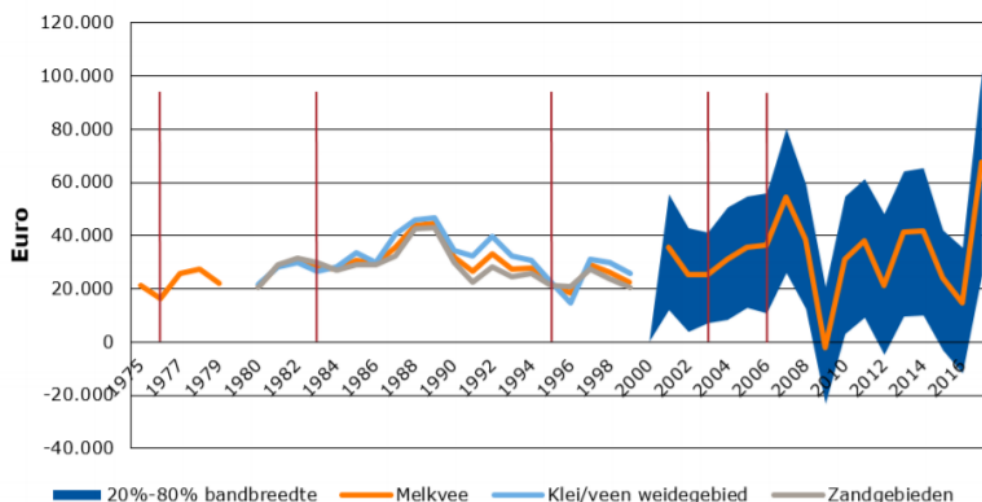
officiële hittegolven gemeten. De hoogste temperatuur werd gemeten in Arcen, daar werd het 38,2 graden. Met een gemiddelde etmaal temperatuur van 18,9 graden was het de warmste zomer ooit. Het extreem droge jaar sloot af met een neerslagtekort van bijna 300 millimeter (Sluijter, Plieger, & Van Oldenborgh, 2018).



Figuur 1, Ontwikkeling neerslagtekort 2018 (KNMI, 2020)

Door het grote neerslagtekort in 2018 had 2019 een valse start. Waar 2018 als een incidenteel extreem jaar werd gezien, brak ook 2019 veel weerrecords. Sinds 1901 waren er slecht drie zomers warmer dan 2019, waaronder 2018. Opnieuw was er veel last van droogte, vooral in het oosten van Nederland. In het noordwesten en midden was het stukken minder droog dan in 2018. Het jaar 2019 gaat de boeken in als het jaar met de hoogste temperatuur ooit gemeten in Nederland. In Gilze-Rije werd het op 25 juli 40,7 graden Celsius, ruim 2 graden Celsius hoger dan het vorige record uit 1944. De zomer liep lang door en leverde eind augustus nog een landelijke hittegolf. Qua zonuren staat 2019 op de derde plek sinds de start van de metingen. Een natte herfst zorgde voor een vermindering van het neerslagtekort, vooral in het noordwesten van het land. Hier viel anderhalf keer zoveel neerslag als normaal in die periode. De verschillen met het zuidoosten waren groot, hier viel juist minder neerslag dan normaal (Huiskamp, 2020).

Voor veehouders zijn de gevolgen van de droogte voelbaar. Uiteraard zijn er verschillen tussen de grondsoort en de regio waar een bedrijf zich bevindt. In de hoge zandgronden in het oosten van het land zijn de gevolgen groter dan in de nattere gebieden in noord en west Nederland. De grootste schade die de droogte veroorzaakt is het achterblijven van de ruwvoerproductie. In het droge jaar 2018 was de grasproductie 17% minder dan het jaar ervoor (CBS, 2019). Hierdoor moeten veehouders (kracht)voer bijkopen, wat de kostprijs sterk verhoogt en tevens zorgt de schaarste op de markt dat er moeilijk voer verkrijgbaar is (Veeteelt, 2018).

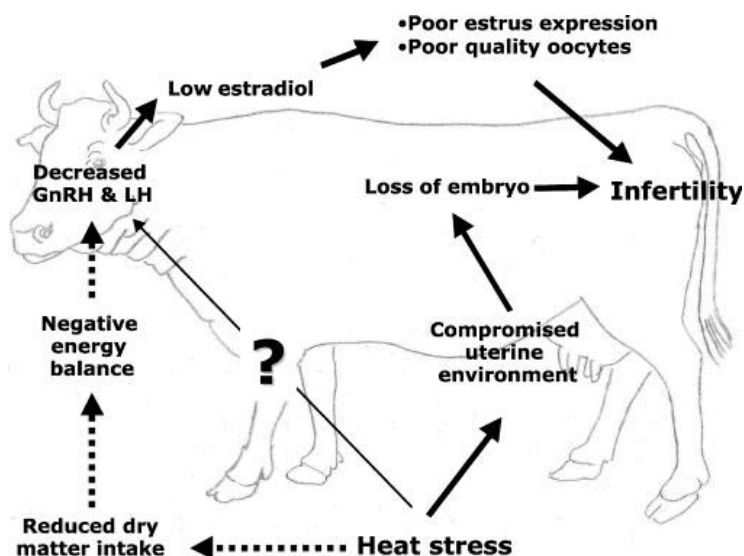


Figuur 2, Inkomen per ondernemer per jaar. Rode lijnen laten droge en hete jaren zien.

Figuur 2 laat zien wat droge jaren doen met het inkomen van een ondernemer in de melkveehouderij. Met de rode verticale lijnen zijn jaren met droge en hete zomers aangegeven. Het inkomen is in deze jaren gemiddeld circa 16% lager dan in de vier omliggende jaren. Hierbij is er geen duidelijk verschil waarneembaar tussen verschillende regio's (Stokkers, Prins, Jager, & Asseldonk, 2018).

De toename van de voerkosten zorgt bij een gemiddeld bedrijf voor een daling van het inkomen uit bedrijf, van rond de 25.000 euro. Dit komt doordat er in hete jaren gemiddeld 20% minder gras en 35% minder snijmais wordt geoogst, met veelal een mindere kwaliteit dan in de omliggende jaren. De toename van de (ruw)voerkosten zijn de belangrijkste reden van de daling van het gemiddelde inkomen van een ondernemer (Stokkers, Prins, Jager, & Asseldonk, 2018).

Naast stress in de gras- en maispercelen zorgen warme en droge zomers ook voor stress voor het vee. Hittestress onder koeien is een risico op melkproductieverlies en vruchtbaarheidsproblemen. Een koe met een hoge melkproductie heeft een hoge voeropname om deze productie aan te kunnen. Bij een hoge voeropname wordt er veel warmte geproduceerd. Wanneer de buitentemperatuur oploopt, gaat een koe met een hoge productie en voeropname, minder voer opnemen om het oplopen van de lichaamstemperatuur te verminderen (Rozendaal, 2019; Schneider, Beede, Wilcox, & Collier, 1984). Figuur 3 laat zien dat hittestress op twee manieren zorgt voor een verminderde vruchtbaarheid bij melkkoeien. Hittestress zorgt voor een mindere drogestofopname van koeien, dit zorgt voor een rem op vruchtbaarheidshormonen. Ook zorgt hittestress voor een slecht baarmoederklimaat voor het embryo, die hierdoor minder kans op leven heeft. Beide gevallen zijn gevolgen van hittestress en kunnen zorgen voor onvruchtbaarheid.



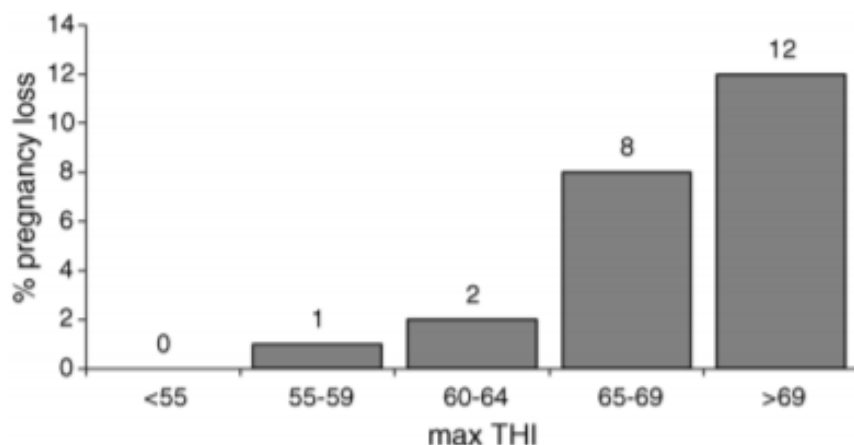
Figuur 3, Overzicht van de twee manieren waarop hittestress kan zorgen onvruchtbaarheid (De Rensis, 2003).

Zoals beschreven zorgt hittestress voor een verminderde voeropname. Een koe met een hoge melkproductie komt hierdoor in een negatieve energiebalans. Hierbij verbruikt een koe meer energie aan onderhoud en melkproductie, dan dat er via voeding binnen komt. Dit leidt tot conditieverlies en het remt de productie van de hormonen GnRH (Gonadotropin-Releasing Hormone) en LH (Luteinizing Hormone Release) (Buthler & Smith, 1989). Deze zijn belangrijk voor het aanmaken van het vruchtbaarheidshormoon oestrogeen. Een lage afscheiding van oestrogeen zorgt ervoor dat de koe slecht de tocht laat zien, waardoor het juiste inseminatiemoment moeilijker te bepalen is (Kerbrad & Disenhaus, 2004). Tevens is ook de eicel van mindere kwaliteit waardoor de kans op een geslaagde bevruchting klein is (Merton, et al., 2003). Hittestress heeft als direct gevolg dat het baarmoederklimaat wordt aangetast. Hierdoor kan het embryo niet overleven en wordt de koe onvruchtbaar (De Rensis, 2003; Geisert, Zavy, & Biggers, 1988). Bij een langdurige periode van hittestress neemt het drachtigheidspercentage af. Deze afname is het sterkst bij hoogproductieve koeien. Bij een korte periode van hittestress is dit effect minder sterk (Timmerman, Reenen, Holster, & Evers, 2018).

Een hoger drachtigheidsverlies bij hittestress is ook aangetoond in het onderzoek van (García-Ispuerto et al. 2005). Dit Spaanse onderzoek met 1800 Holstein koeien, heeft een verband gelegd tussen de buitentemperatuur en het drachtigheidsverlies. Naast de temperatuur is ook rekening gehouden met de luchtvochtigheid. De temperatuur en luchtvochtigheid is uitgedrukt in THI (Temperature-Humidity Index). In figuur 4 is de THI samen met de temperatuur per maand weergegeven. Figuur 5 laat een duidelijk verband zien tussen de THI en het percentage drachtigheidsverlies. Een hogere THI zorgt voor een grotere kans op verwerpen (García-Ispuerto, et al., 2005).

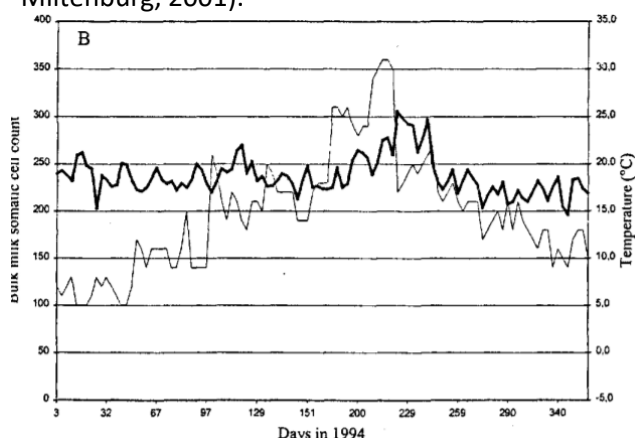
Month	T (°C)	Maximum T (°C)	RH (%)	Minimum RH (%)	THI	Maximum THI
January	5.6	10.8	91	74	42.9	52.2
February	6.2	11.6	86	67	44.1	52.2
March	10.3	17.2	82	56	51.1	61.4
April	12.7	19.4	80	53	55.0	64.1
May	16.5	23.5	76	51	61.0	69.3
June	23.2	31.0	72	47	71.2	78.9
July	23.7	31.4	79	52	72.8	80.3
August	23.8	31.5	81	54	73.0	80.7
September	19.5	26.8	89	64	66.7	75.8
October	14.3	20.2	91	72	57.7	66.4
November	10.1	15.1	92	80	50.4	58.7
December	6.8	11.1	94	85	44.6	52.4

Figuur 4, Temperatuur en Temperature-Humidity Index (THI) (García-Ispuerto, et al., 2005).

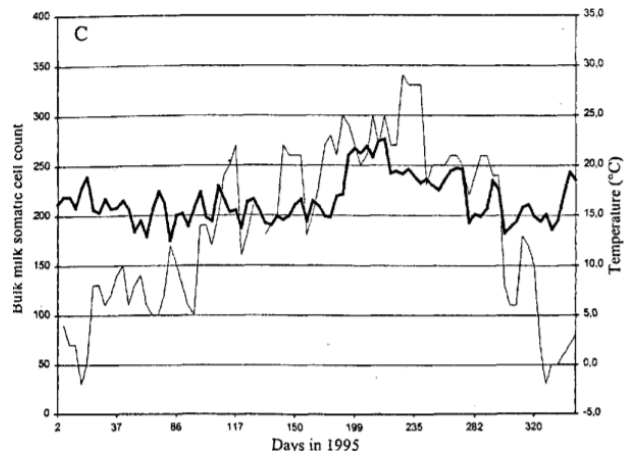


Figuur 5, Verband tussen drachtigheidsverlies en de maximale Temperature-Humidity Index (THI) (García-Ispuerto, et al., 2005).

Naast problemen op het gebied van vruchtbaarheid is melkproductieverlies ook een direct gevolg van hittestress. Tijdens een warme periode in de zomer kan het productieverlies oplopen naar 12,5%, blijkt uit Nederlands onderzoek uit 2001. Hetzelfde onderzoek laat zien dat ook de uiergezondheid van koeien vermindert tijdens een warme periode, dit is te zien door een oplopende SCC (Somatic Cell Count, celgetal). Figuur 6 en 7 laten respectievelijk van de jaren 1994 en 1995 zien dat de SCC oploopt naarmate de temperatuur stijgt in deze warme jaren (Hogeveen, Poelarends, Sampimon, & Miltenburg, 2001).



Figuur 6, Temperatuur en SCC in 1994 (Hogeveen, Poelarends, Sampimon, & Miltenburg, 2001)



Figuur 7, Temperatuur en SCC in 1995 (Hogeveen, Poelarends, Sampimon, & Miltenburg, 2001)

Een verklaring voor het teruglopen van de melkproductie tijdens warm weer is direct te herleiden naar het verminderen van de drogestofopname. Wanneer er minder kilo's drogestof opgenomen worden is ook de melkproductie lager (Van Duinkerken, André, De Haan, Hollander, & Zom, 2007; McNamara, O'Mara, & Rath, 2003). Tabel 2 laat zien dat de melkproductie daalt naarmate het warmer wordt. Ook het vet- en eiwitpercentage neemt af. Doordat de drogestofopname lager is bij warm weer, krijgt een koe ook minder mineralen binnen. Dit vermindert de weerstand van de koe aanzienlijk, waardoor het vatbaarder is voor infecties. Een gevolg hiervan is een verhoging van het aandeel witte bloedcellen in de uier, waardoor het celgetal oploopt tijdens warm weer (De Brabander, De Campeneere, Ryckaert, & Anthonissen, 2011).

Tabel 2, Effecten van hitte op de melkproductie en vet- en eiwitpercentage (Timmerman, Reenen, Holster, & Evers, 2018)

Parameter	Warme dagen	Zomerse dagen	Tropische dagen
Daling in melkproductie per koe	2,0%	4,0%	8,0%
Daling in vetgehalte	3,0%	6,0%	9,0%
Daling in eiwitgehalte	2,0%	4,0%	6,0%

Het stalklimaat kan effect hebben in hoeverre een koe negatieve gevolgen ondervindt van een hoge buitentemperatuur. Egyptisch onderzoek van Samer (2010) laat zien dat investeren in het verbeteren van het stalklimaat de temperatuur met negen graden Celsius kan laten afnemen. Hiermee steeg de melkproductie van 18 naar 26 liter per koe per dag (Samer, 2010). Het op orde brengen van de huisvesting en het stalklimaat kan dus nut hebben, zeker wanneer er in de toekomst vaker warme periodes zullen voorkomen.

Vanuit de wetenschap wordt duidelijk dat er een kans bestaat dat warme en droge zomers steeds meer voor kunnen gaan komen in Nederland. Professor Rik Leemans is milieusysteemanalist aan de universiteit van Wageningen en stelt dat Nederland het klimaat van Midden-Frankrijk krijgt. De oorzaak hiervan is dat de warmere klimaatgebieden meer naar de Noord- en Zuidpolen verschuiven. Dit houdt in dat de winters minder koud zullen zijn en de zomers heter en droger (Leemans, 2016). De oorzaak van deze verandering is een verschuiving in de Hadley-circulatie. Dit laat een kringloop zien waarbij hete lucht uit de tropen opstijgt, zich op grote hoogte in poolwaardse richting begeeft, neerdaalt in de vorm van regen en wind en over land terugstroomt naar de polen. Satellietbeelden hebben aangetoond dat de dalende beweging van de lucht in de Hadley-circulatie, zich sinds 1980 200 kilometer naar het noorden hebben verplaatst (op het zuidelijk halfrond richting het zuiden). Dit is deels te wijten aan de opwarming van de aarde. De opwarming zorgt voor een stabielere atmosfeer op de breedtegraad waar normaal stormen en regen de warme lucht omlaag brengen. Hierdoor schuiven stormen en regen verder op naar een hogere breedtegraad (Selten, 2018; Diaz & Bradley, 2007).

Zoals eerder benoemd daalt het inkomen van een ondernemer in droge jaren met 16% ten opzichte van de omliggende jaren. Aan te nemen is dat de weerrecord brekende jaren 2018 en 2019 dit percentage verder kunnen doen laten stijgen. Om de directe en indirecte financiële schade door droogte en hitte zoveel mogelijk te voorkomen is het belangrijk dat veehouders anticiperen op gebied van management en investeringen. Het voorjaar van 2020 benadrukt dit belang nogmaals met extreme droogte tijdens de groeiperiode, na een erg natte winter zonder noemenswaardige vorst.

Het jaar 2020 begon erg nat, maar de lente werd erg droog. Het jaar staat op 7 in de top-10 droogste lentes en op 1 in de lijst van zonnigste lentes. Door de weinige neerslag en grote hoeveelheid zon was er erg veel verdamping en schraal weer. Het leidde ertoe dat de luchtvochtigheid een recordlaagte bereikte. Een neerslagtekort van 164 millimeter op 1 april was nog nooit zo groot aan het begin van het groeiseizoen (Van den Broek & Huirne, 2020).

Omdat de jaren 2018-2020 laten zien dat droogte in Nederland een serieus probleem is en niet een incidentele uitdaging en de wetenschap verwacht dat er meer hete en droge zomers zullen komen, moeten melkveehouders handvatten worden aangereikt om de gevolgen van droogte en hitte ook in de toekomst zo goed mogelijk aan te kunnen pakken. In dit rapport wordt getracht deze handvatten aan te reiken. Hierbij wordt gekeken naar de belangrijkste aspecten van een melkveebedrijf. Dit leidt tot de volgende hoofdvraag:

Wat kan een Nederlandse melkveehouder het best doen bij de bestrijding van de gevolgen van langdurige droogte, op het gebied van management in de belangrijkste aspecten van zijn bedrijf?

Doordat droogte invloed heeft op verschillende aspecten op een melkveebedrijf, wordt bij het beantwoorden van deze hoofdvraag gekeken naar wat een melkveehouder kan doen op het gebied van de belangrijkste aspecten. Deze worden per deelvraag behandeld:

- **Hoe kan een melkveehouder de door droogte opgelopen schade aan het ruwvoer zoveel mogelijk beperken?**
- **Hoe kan een melkveehouder het stalklimaat optimaliseren tijdens hitte in een droge zomer?**
- **Op welke manieren kan het rantsoen voor melkkoeien bijdragen aan het in stand houden van de diergezondheid en productie tijdens hitte en droogte?**

Doelstelling

Dit rapport kan Nederlandse melkveehouders helpen bij het omgaan met langdurige droogte en hittestress. Het doel is om handvatten te bieden die de ondernemer kan gebruiken om zijn bedrijf weerbaarder te maken in extreme situaties van droogte en hitte, die steeds vaker zullen voorkomen. Door deze handvatten kan de veehouder meer grip krijgen in deze uitdagende periodes. Hierdoor moet het bedrijf minder schade gaan ondervinden door droogte.

2. Materiaal en methode

Bij het vergaren van kennis en informatie voor dit rapport werd gebruik gemaakt van verschillende bronnen. In dit hoofdstuk wordt duidelijk gemaakt welke dat zijn en op welke manier hiervan gebruik is gemaakt. Per deelvraag wordt beschreven hoe deze is beantwoord.

2.1 Materiaal

In het onderzoek is veel gebruik gemaakt van bestaande literatuur. Bij het zoeken naar wetenschappelijke bronnen werd gebruik gemaakt van databanken van Wageningen universiteit, GREEN-I, ScienceDirect en Google Scholar. In deze databanken is gezocht naar de volgende trefwoorden: Heat stress dairy cows; Fertility loss heat stress; milk production heat stress; pregnancy loss heat stress cows, udder health heat stress, dry matter intake and milkproduction, climate change. Ook is er gebruik gemaakt van de zoekmachine Google. Hierbij werd gezocht op de volgende trefwoorden: Waarde agrarische sector; exportwaarde melkveehouderij, droge jaren in Nederland; neerslagtekort; droogte 2018/2019/2020; weerjaaroverzicht 2018/2019/2020; droogteschade melkveehouderij; ruwvoertekort; voerkosten droogte; effecten droogte op inkomen; hittestress en vruchtbaarheid koe; klimaatverandering Nederland; oorzaak klimaatverschuiving.

Voor het beoordelen of een wetenschappelijk artikel wel of niet geschikt voor dit onderzoek is het volgende stappenplan gebruikt:

Stap 1: Beoordelen van de titel: past dit artikel bij het onderwerp? **Ja** → Naar stap 2 **Nee** → Artikel niet gebruiken.

Stap 2: Lezen van de samenvatting: past dit artikel bij het onderwerp? **Ja** → Naar stap 3 **Nee** → Artikel niet gebruiken.

Stap 3: Zoektoets Ctrl-F gebruiken voor het zoeken van specifieke woorden passend bij het zoekonderwerp. Komen de gezochte termen terug in de tekst? **Ja** → Naar stap 4 **Nee** → Artikel niet gebruiken.

Stap 4: De alinea waar de woorden in voorkomen lezen en beoordelen. Levert het artikel geschikte informatie voor het onderzoek? **Ja** → Artikel gebruiken **Nee** → Artikel niet gebruiken.

In dit onderzoek zijn ook experts en ervaringsdeskundigen geïnterviewd. Hierbij moet worden gedacht aan experts op het gebied van diervoeding, ventilatie, grasland en maisteelt. Ook zijn er veeartsen geïnterviewd. Er is ook gebruik gemaakt van bestaande interviews die zijn gepubliceerd in vakbladen en tijdschriften.

2.2 Methode

In het deel 'methode' wordt van elke deelvraag beschreven op welke manier deze beantwoord is.

2.2.1 Deelvraag 1

Hoe kan een melkveehouder de door droogte opgelopen schade aan het ruwvoer zoveel mogelijk beperken?

Voor het beantwoorden van deze vraag wordt onderzocht hoe gras- en maisland, de belangrijkste ruwvoerders voor Nederlandse melkveebedrijven, reageren op perioden van droogte en hitte. Deze vraag wordt beantwoord door middel van een literatuuronderzoek. Hierbij worden de wetenschappelijke artikelen uit databases als Science Direct en de Wageningen universiteit geraadpleegd. Na het beantwoorden van deze vraag kan worden bepaald wat de gewassen nodig

hebben en op welke manier de veehouder dit (preventief) kan toedienen. Ook het graslandmanagement, de keuze van het maïsras en landbewerking worden beoordeeld. Uiteindelijk wordt met behulp van experts en ervaringsdeskundigen bepaald of de kosten van deze extra handelingen opwegen tegen de baten en wat de risico's zijn van deze handelingen.

2.2.2 Deelvraag 2

Hoe kan een melkveehouder het stalklimaat optimaliseren tijdens hitte in een droge zomer?

Allereerst wordt onderzocht wat de nadelige effecten zijn van hittestress onder koeien in een stal en wat de gevolgen hiervan zijn. Wanneer duidelijk is wat het probleem is wordt beschreven hoe dit op de beste manier bestreden kan worden. Hierbij wordt gekeken naar het buitenland waarbij koeien permanent onder warme omstandigheden worden gehouden. Hierbij wordt gedacht aan landen als Israël, Italië, Saudi-Arabië en Qatar. Er wordt onderzocht of de belangrijkste maatregelen die in deze landen worden genomen bij het bestrijden van hitte ook in Nederland toepasbaar zijn. Deze informatie wordt aangevuld met kennis die bekend is vanuit de literatuur.

2.2.3 Deelvraag 3

Op welke manieren kan het rantsoen voor melkkoeien bijdragen aan het in stand houden van de diergezondheid en productie tijdens hitte en droogte?

Om deze vraag te beantwoorden moet er worden onderzocht wat er met een koe gebeurt tijdens een langdurige periode van hitte. Opnieuw wordt de literatuur geraadpleegd voor het beantwoorden van deze vraag. Ook worden veevoerexperts geïnterviewd. Zij kunnen aangeven op welke manier het rantsoen kan helpen om het productieverlies door warmte zoveel mogelijk te beperken.

3. Resultaten

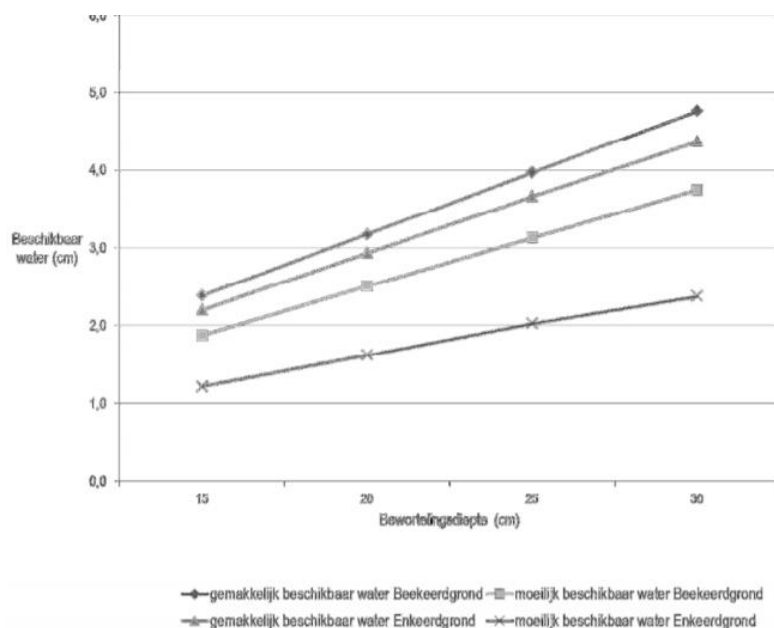
3.1 Deelvraag 1

Hoe kan een melkveehouder de door droogte opgelopen schade aan het ruwvoer zoveel mogelijk beperken?

Voor een plant is vocht een van de belangrijkste factoren om te kunnen groeien. In droge zomers waarbij er veel verdamping plaatsvindt blijft de productie van de gewassen gras en mais achter doordat er te weinig vocht beschikbaar is. In de plant zorgt verdamping ervoor dat er transport plaatsvindt van vocht en voedingsstoffen. De plaatsen waar de meeste verdamping plaatsvindt, zoals de bladeren, trekken het vocht naar boven door de plant. Het vocht wordt door de houtvaten in de plant naar boven getransporteerd en komt vervolgens via de wortelharen vanuit de grond de plant in. Hiervoor moet er wel vocht beschikbaar zijn in de bodem. Vocht komt in de bodem door middel van neerslag en capillaire werking. Hierbij komt het vocht vanuit het grondwater omhoog, waardoor het beschikbaar komt voor de wortels van de plant. Wanneer de wortels van de plant geen vocht meer kunnen bereiken, schiet de plant in de stress. Dit resulteert in een afname van de groei, een toename van de structuurwaarde en een verminderde kwaliteit bij gras (Biologielessen, 2020; Haan, 2018; Arts, 2013). Bij mais kan een gebrek aan bodemvocht resulteren in een lage drogestofopbrengst, een slechte kolfzetting en een snel afstervende plant. Voor veehouders resulteert dit in te lage ruwvoederopbrengsten en een voertekort (Agrifirm, 2019a). Dit hoofdstuk laat zien welke keuzes gemaakt kunnen worden op het gebied van beworteling, bemesting, beregening, doorzaaien/herinzaaien, grondbewerking, raskeuze en vanggewas.

3.1.1 Beworteling

In een vochtige bodem zijn de nutriënten beter beschikbaar dan in een droge bodem. De beworteling van het gewas speelt een belangrijke rol bij het opnemen van deze nutriënten. Wanneer in de bovenlaag van een bodem weinig vocht beschikbaar is, gaat de plant dieper wortelen om het vocht te bereiken. In figuur 7 is te zien dat de beschikbaarheid van water in de wortelzone rechtlijnig toeneemt met de bewortelingsdiepte. Dit geeft aan hoe belangrijk de beworteling van het gewas is voor de opname van water en nutriënten. Een verbeterde beworteling kan zorgen hogere opbrengsten tijdens droogte en daarmee een vermindering van de droogteschade aan het ruwvoer (Faber, et al., 2012).



Figuur 7, De bewortelingsdiepte uitgezet tegen de beschikbaarheid van het grondwater (Faber, et al., 2012).

Een optimale beworteling is van drie factoren afhankelijk. Dit is de bodemstructuur, de zuurtegraad en fosfaattoestand van de bodem en de raskeuze van het gras (Luske, Deru, Wösten, Faber, & Van Eekeren, 2012).

1. Bodemstructuur

Een goede bodemstructuur is erg belangrijk. Een verdichte bodem kan zorgen voor storende lagen waardoor de wortels worden geblokkeerd en niet dieper kunnen komen (figuur 8). De wortels hebben dan meer druk nodig om door de grond te komen wat leidt tot een beperking van het wortelstelsel. Ook zorgen verdichte lagen voor een verkleining van de poriën. Dit zorgt ervoor dat er minder lucht en vocht in de bodem aanwezig kan zijn. Onder natte omstandigheden kunnen storende lagen ervoor zorgen dat het vocht niet door de bodem weg kan zakken. Hierdoor kan het water niet weg en verblijft het in de poriën. Er is hierom te weinig zuurstof beschikbaar voor de wortels waardoor deze stikken en afsterven. Nutriënten kunnen door deze overvloed aan water wegspoelen waardoor het niet beschikbaar komt voor het gewas (Van der Bolt, et al., 2016).

Zware machines en toegenomen wiellasten zijn een belangrijke oorzaak van bodemverdichting en storende lagen. Onderzoek van Wageningen laat zien dat sinds 1980 de verdichting van de bodem is toegenomen. Dit is een op een te koppelen aan het groter worden van de machines en de daarmee toegenomen wiellasten. Ook ploegzolen kunnen bodemverdichting veroorzaken. Een ploegzool is een verdichte laag, vlak onder de ploegdiepte. Een ploeg kan de grond onder de ploeg naar beneden drukken. Wanneer er jaarlijks op dezelfde diepte wordt geploegd kan er een verdichte laag ontstaan (Van der Bolt, et al., 2016).



Figuur 8, Beworteling van maisplanten. LINKS: Bodem met normale dichtheid, RECHTS: Verdichte bodem (Kutschera, Lichtenegger, & Sobotik, 2009).

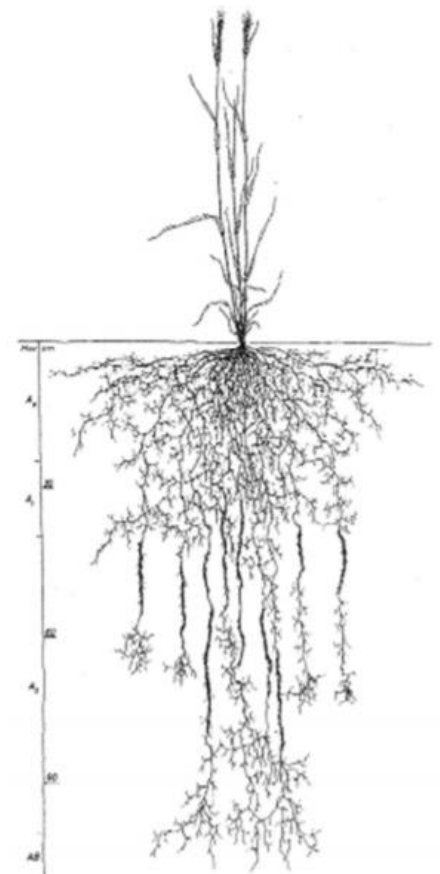
Een goede bodemstructuur is belangrijk voor de beworteling en daarmee de wateropnamecapaciteit van een plant. Het organische stofgehalte in de grond speelt hierbij een belangrijke rol. Organische stof zorgt voor een lossere bodem wat zorgt voor een lagere weerstand voor beworteling (Zwart, Kikkert, Wolfs, Termorshuizen, & Van der Burgt, 2013). Ook heeft het een positief effect op het watervasthoudend vermogen van de grond (Van Eekeren & Bokhorst, 2009).

Een toename van organische stof in de bodem heeft ook een positief effect op het aantal regenwormen in de bodem. Regenwormen kunnen om verschillende redenen een positief effect hebben op de beworteling van gras. Als onderdeel van het bodemleven eten regenwormen organisch materiaal. Hierbij worden er ook weer mineralen uitgescheiden. Op deze manier wordt de beschikbaarheid van nutriënten uit organische stof voor de plant vergroot. Hiernaast zijn regenwormen door hun gangen erg belangrijk voor de bodemstructuur (Scheu, 2003). Met name de pendelaars. Dit type worm kan met het graven van verticale gangen storende bodemlagen doorbreken. Hierdoor kan water in natte periodes beter wegzakken, waardoor het geen verstikkende werking heeft in de bovengrond. Ook bieden de gangen ruimte voor wortels om door de storende lagen te breken en dieper te wortelen (figuur 9). Zo kan er in droge periodes ook dieper uit de grond vocht beschikbaar komen (Kutschera, Lichtenegger, & Sobotik, 2009).

Als belangrijkste voedingstof is organische stof erg belangrijk voor het aantal regenwormen in de grond. Dit zorgt ervoor dat een hoog organische stof percentage in de grond het aantal wormen verhoogt (Luske, Deru, Wösten, Faber, & Van Eekeren, 2012).

2. Zuurtegraad en fosfaattoestand

Wanneer een grond een lage zuurtegraad (pH) heeft, heeft dit een negatief effect op de beworteling. Dit komt door twee factoren. Een lage pH zorgt voor een verminderde beschikbaarheid van nutriënten. Hierdoor groeit het wortelstelsel minder goed. Ook zorgt het afstaan van H^+ -ionen door zure bodems voor een remming van de wortelgroei (Handboek bodem & bemesting, 2020, Van Mondfrans, 2001).



Figuur 9, Wortels passeren storende lagen door verticale gangen van regenwormen (Kutschera, Lichtenegger, & Sobotik, 2009)

Naast een lage zuurtegraad heeft ook een lage fosfaattoestand een negatief effect op de beworteling. Bij een lage fosfaattoestand kan er te weinig fosfaat worden opgenomen waardoor de groei van het wortelstelsel achterblijft. Bij een overschot aan fosfaat groeit de plant boven de grond harder dan onder de grond (Gales, 1979). Voor een optimale fosfaat benutting voor de gewasgroei, blijkt een dichte zode van belang. Een enkele plant kan minder fosfaat opnemen dan een zode. Een zode geeft dan ook langere en dunnere wortels, met een hogere gewasopbrengst (Powell, 1977).

3. Raskeuze

Rassenkeuze binnen grassoorten is een makkelijke maatregel om aan bewortelingsintensiteit en diepte te werken (Luske, Deru, Wösten, Faber, & Van Eekeren, 2012). Binnen grassoorten is er namelijk verschil in bewortelingsdiepte en wortelmassa. Tabel 3 laat deze verschillen zien. Te zien is dat Rietzwenkgras 20>cm dieper wortelt dan het in Nederland meest voorkomende Engelse raaigras (Hammink, 2005). Ook de wortelmassa, is het grootst bij rietzwenkgras. Een Italiaanse proef waarbij gras onder zeer hete en droge omstandigheden wordt geteeld in een rain-out shelter, laat zien dat een graszaadmengsel met rietzwenkgras groen blijft en snel herstelt, ten opzichte van een standaard mengsel. Dit is te zien in figuur 10 (Barenbrug, 2020c).



Figuur 10, Rietzwenkgras ten opzichte van een standaard grasmengsel. Extreme stress leidt tot aantoonbare verschillen (Barenbrug, 2020c)

De voederwaarde en de smakelijkheid van rietzwenkgras zijn lager dan Engels raaigras. Vooral ouder rietzwenkgras wordt taai en grof waardoor vee het slecht wil eten (Dsv-zaden, 2020). Om toch de voordelen van rietzwenkgras te benutten hebben zaadveredelaars een rietzwenkgras ontwikkeld die 'zacht' blijft en daardoor goed opneembaar voor vee. Ook de voederwaarde is sterk verbeterd. Zaadveredelaar Barenbrug ontwikkelde *Greenspirit Structure*. Dit zaad levert voederwaarde, extra structuur en is goed bestand tegen droogte door de diepe beworteling van het rietzwenkgras (Barenbrug, 2020a).

Ook binnen grassoorten is er verschil in worteldiepte. Door veredeling kunnen er verschillen worden gemaakt in wortelmassa en worteldiepte. Zo is het in raaigras gelukt om de wortelintensiteit in diepere bodemlagen te vergroten (Crush, Nichols, & Ouyang, 2010).

Tabel 3, Opbrengst, wateronttrekkingsdiepte en wortelvolumes van vijf grassoorten bij een maai frequentie van zes weken (Garwood, Tyson, & Sinclair, 1979)

	Opbrengst boven-gronds (t ds/ha) 27 mei – 18 aug	Effectieve water- onttrekkingsdiepte (cm)	Gemiddelde WLD ³ (cm/cm ³) op 30-60 cm diepte	Gemiddelde SWL (cm/g) op 30-60 cm diepte ^{4 5}
Ruw beemdgras	0,1	40	-	-
Timotheegras	1,1	70	3,4	4,3
Kropaar	2,0	70	2,7	3,2
Engels raaigras	2,3	80	4,9	3,6
Rietzwenkgras	3,3	>100	6,3	2,1

³ WLD: wortellengtedichtheid = lengte wortel per volume grond [cm/cm³], een maat voor bewortelingsintensiteit

⁴ SWL= specifieke wortellengte = totale lengte / gewicht wortel [cm/gram], een maat voor worteldikte.

⁵ WLD/SWL geeft de wortelbiomassa (g/cm³) in die laag. De wortelbiomassa van rietzwenkgras is verreweg het grootst.

3.1.2 Bemesting

Om een optimale benutting van de kunst- en drijfmest te realiseren tijdens een droog jaar zijn er een aantal zaken van belang. Te heten de keuze voor de kunstmestsoort in een droog voorjaar, de bemesting na de droogte, het toevoegen van water bij de mest en de verdeling van de mest over het seizoen. Dit is belangrijk om ook tijdens een droog jaar de optimale grasproductie te realiseren.

1. Kunstmestkeuze tijdens een droog voorjaar

Tijdens een droog voorjaar als dat van 2020 kan de kunstmestkeuze bepalend zijn of de stikstof goed wordt opgenomen door het gewas. Niet elk type kunstmest reageert namelijk hetzelfde op een periode zonder neerslag. Dit heeft te maken met de beschikbaarheid van de stikstof.

Kalkammonsalpeter (KAS) is een Nederland een veel gebruikte kunstmeststof. Bij KAS is er neerslag nodig om de korrel op te lossen en zo beschikbaar te komen voor de plant. In een droog voorjaar als 2020 lost KAS dus slecht op. Er zijn ook meststoffen die beter oplossen tijdens droogte.

Ureumhoudende meststoffen lossen namelijk al op door dauwvocht. Kunstmestspecialist Triferto stelt dat ureumhoudende meststof Novurea tot wel twee weken eerder opgelost kan worden dan KAS, afhankelijk van de weersomstandigheden (Boerenbusiness, 2018).

2. Grasland bemesten na droogte

Mestvoorraden en een naderend verbod op het uitrijden van mest, zorgen in het najaar voor problemen. Om de mest toch zo goed mogelijk te benutten en hierdoor een kwalitatief hoogwaardig gewas met een goede opbrengst te oogsten moeten er verstandige keuze gemaakt worden.

In een droge en hete zomer met lang uitblijven van regen groeit er geen gras. Hierdoor blijft er veel ongebruikte stikstof en nutriënten in de grond zitten. Bemesten in de zomer heeft daardoor geen zin en voegt alleen maar extra slecht benutbaar stikstof toe aan de bodem. Na een periode van neerslag en groeizaam weer na de droogte komt deze stikstof met andere nutriënten vrij en dit leidt tot hoge eiwitgehalten in het najaarsgras (Bussink, 2019). Dit eiwit kan niet allemaal benut worden door de melkkoeien, wat leidt tot hoge ureumgehalten in de melk en daarmee veel onbenut stikstof. Dit maakt het moeilijk om een goed rantsoen te voeren (Verhoeff, 2016).

Een extra bemesting met drijfmest is hierdoor in veel gevallen niet noodzakelijk. Alleen op nattere en zeer productieve percelen waar het gras is doorgegroeid tijdens de droogte is een drijfmestbemesting nuttig (Veeteelt, 2014). Om het gras in deze periode toch een boost te geven om snel weer te groeien past een kunstmestgift beter dan een bemesting met drijfmest. De stikstof uit kunstmest is snel beschikbaar voor het gras in tegenstelling tot drijfmest, wat trager beschikbaar komt (HandboekBodemEnBemesting, 2018).

Door het niet bemesten met dierlijke mest kan er echter kalitekort ontstaan. Kali is belangrijk voor de vochtthuishouding in een plant en kan stresssymptomen als roest tegengaan. Hierdoor blijft het gras smakelijker voor vee. Kali door middel van een kunstmestgift worden toegevoegd om het tekort hieraan op te vangen (Boerenbusiness, 2018 & Eurofins, 2014)

In Nederland mag er tot 31 augustus drijfmest worden uitgereden op grasland. Hierna mag er vanaf 15 februari weer worden bemest. In veel gebieden is het dan echter nog te nat in het land om te bemesten en wordt er hierdoor pas in maart bemest. De mest geproduceerd in deze tussenliggende periode moet worden opgeslagen en voor veel veehouders is de mestopslagcapaciteit dan een knelpunt. Om deze reden is het voor veehouders een probleem om in de periode na de droogte niet te bemesten (Mons, 2020). Om optimaal van de beschikbare mest gebruik te maken is een investering in mestopslag een mogelijkheid. Op deze manier hoeft er niet meer bemest te worden terwijl het land er niet klaar voor is. De mest wordt dan toegediend op het moment dat het best benutbaar is, bijvoorbeeld in het voorjaar of na de eerste snede (Boerderij, 2020b).

3. Toevoegen van water bij de mest

Het toevoegen van water aan de mest kan in de periode na de droogte een oplossing zijn om de nutriënten sneller in de plant te krijgen. Water dient namelijk als transportmiddel voor nutriënten naar de plant. Naast het toedienen van water is het belangrijk om kleine hoeveelheden per hectare toe te dienen, om het overschot aan stikstof in de plant zoveel mogelijk te beperken (Bussink, 2019). Ook in het voorjaar biedt het toevoegen van water voordelen. Onderzoek van (Schils, 1992) toont aan dat verdunde drijfmest een hogere drogestofopbrengst realiseert dan onverdunde drijfmest. Dit geldt voor zowel de eerste als de tweede snede (tabel 4). Naast de drogestofopbrengst is ook de stikstofbenutting beter van verdunde mest. Het toevoegen van water aan de mest kan dus helpen bij het verminderen van het ruwvoertekort in een droog jaar (Schils, 1992).

Tabel 4, Gemiddelde drogestofopbrengst in tonnen per hectare, bij verdunde en onverdunde drijfmest voor en na de eerste snede (Schils, 1992).

Rundermest	Runder- mest (kg)	Kunstmest			
		N/ha)	NO**	N1	N2 N3
DO*	0	7,1	12,1	14,0	14,3
01	104	8,5	12,2	13,8	14,2
VI	119	9,4	13,0	14,2	14,6
02	100	8,0	12,1	13,6	14,3
v2	120	8,8	12,8	14,8	15,0

* DO = Controle zonder drijfmest
 01 = Onverdunde mest 1 e snede
 VI = Verdunde mest 1 e snede
 02 = Onverdunde mest na de 1 e snede
 V2 = Verdunde mest na de 1 e snede

4. Verdeling van de drijfmest over het groeiseizoen

Een andere verdeling van de drijfmest over het seizoen, kan tijdens een droog jaar helpen de drogestofopbrengst van het gras te verhogen. Om optimaal van de drijfmest te profiteren gedurende het groeiseizoen is een goede verdeling van de mest over de grassneden namelijk noodzakelijk. In de wetenschap dat mest tijdens een droge periode slecht wordt benut is het van belang om te bemesten wanneer het land daar wel aan toe is (Bussink, 2019). Zoals beschreven is een bemesting met drijfmest na een droge zomer waarin de grasgroei heeft stil gestaan vaak overbodig. Zeker in veengebieden is er nog erg veel mineralisatie in de grond in het najaar. Dit komt door de hoge grondtemperaturen na de zomer en de nog veel onbenutte nutriënten door het achterblijven van de grasgroei (Van Eekeren, Deru, Lenssinck, & Bloem, 2016).

In het voorjaar wordt de mest beter benut dan in het najaar. In het najaar is er nog veel nawerking van eerdere bemestingen en de hoge bodemtemperatuur zorgt voor veel stikstofnawerking. Voor een optimale benutting van de beschikbare drijfmest is het dus verstandig om meer te bemesten in het voorjaar dan in het najaar (Van der Horst, 2014). De kans op droogte is in deze periode ook een stuk kleiner dan in de zomer, waardoor de kans ook groter is dat de drijfmest optimaal wordt benut (Meteoblue, 2020). Tevens worden er bij een zwaardere bemesting van drijfmest meer kilo's drogestof geoogst dan bij een gemiddelde bemesting (Bemestingsadvies, 2020).

3.1.3 Beregenen

Grasland en maisland beregenen is een goede manier om de drogestofopbrengst en de kwaliteit van het ruwvoer te verhogen. Tijdens een droge en hete periode stopt gras met groeien. In welke mate dit gebeurt en hoe snel is afhankelijk van de grondsoort. Wanneer het gras stopt met groeien neemt de onkruiddruk toe. Bepaalde soorten onkruid kunnen beter omgaan met de droge en hete omstandigheden en zorgen hierdoor voor concurrentie in de grasmat. Ook de grasopbrengst is laag in deze periode.

Mais kan beter omgaan met droge en hete omstandigheden dan gras. Toch heeft ook mais in kritieke periodes voldoende vocht nodig. Deze periodes zijn bij het ontkiemen van het zaad en tijdens de kolfzetting. Onvoldoende vocht in deze periodes heeft directe gevolgen voor de drogestofopbrengst en de voederwaarde. Hierdoor is het verstandig om in deze periodes het maisland beregenen te verkiezen boven grasland (Hoving & Philipsen, 1999).

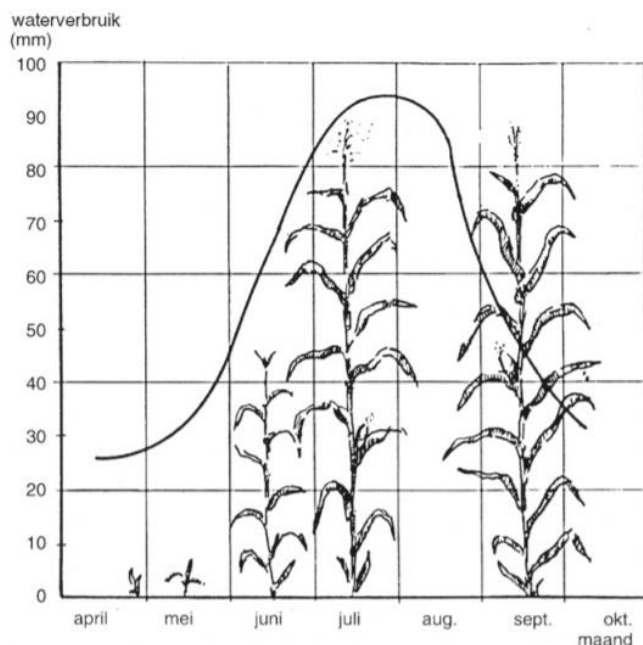
1. Grasland

Zoals eerder beschreven is vocht in een plant erg belangrijk. Wanneer dit ontbreekt in een droge periode met veel verdamping door hoge grond- en buitentemperatuur stopt de plant met groeien. Wanneer het gras hierdoor dood gaat komt de zode 'open' te staan. Dit houdt in dat er meer ruimte komt tussen de sprietten, wat leidt tot openliggende grond. Hierdoor is de instraling van de zon op veel plekken direct op de bodem, wat leidt tot een nog snellere verdamping (Melkvee, 2019). Ook krijgt onkruid de kans om in deze plekken te groeien, omdat het gras geen concurrentie meer kan bieden. Vocht toedienen door te beregenen zorgt ervoor dat het gras in leven blijft en de open zode kan worden voorkomen. Onderzoek van (Krist & Snijders, 1987) laat zien dat beregenen hierom een positief effect heeft op de botanische samenstelling van de zode. Wanneer de buitentemperaturen zakken en er weer neerslag valt, kan het gras hierdoor sneller weer gaan groeien. Naast het toevoeren van vocht aan de bodem en de plant, koelt het water ook de bodem af. Hierdoor wordt ook de verdamping in de bodem lager. Het beregenen van grasland is een goede manier om de zode levend en gezond te houden. Echter is er neerslag en een daling van de temperatuur nodig om het gras weer te doen groeien (Agrifirm, 2019c).

2. Mais

Na het zaaien is vocht in de grond erg belangrijk voor de kieming van de mais. Het is daarom belangrijk dat er niet lang wordt gewacht met zaaien na het ploegen, zodat de grond niet te veel uitdroogt bij droog weer. Voor een goede kieming en beginontwikkeling van de plant is het belangrijk dat er voldoende vocht aanwezig is op de zaaidiepte en in de wortelzone. Wanneer dit niet het geval is, is beregenen een oplossing. Mais is beter bestand tegen droogte dan gras. Voor 1 kilo drogestof heeft het 450 millimeter water nodig, gras heeft hiervoor 700 millimeter water nodig. Bij droge mais krullen de bladeren om. 's Nachts herstelt dit weer. Wanneer 's ochtends de bladeren nog steeds zijn omgekruld is het raadzaam om te beregenen. Bij een droge bovengrond gaat de maisplant dieper wortelen om vocht te bereiken. Voor de bloeiperiode is een diepe beworteling gunstig, omdat de plant dan maximaal beschikking tot vocht moet kunnen hebben. Te snel beregenen zorgt dus voor een minder diepe beworteling en een minder gunstige startpositie voor de bloei (KWS, 2020).

Naast de kieming is ook de bloei een kritieke fase in het groeiseizoen. In deze periode in het groeiseizoen heeft de plant het meest behoefte aan vocht (figuur 11). Een vochttekort tijdens de bloei leidt tot een slechte korrelzetting en een laag kolfaandeel. Hiermee gaat ook een lage voederwaarde en zetmeelgehalte gepaard (Handboek Snijmais, 2019). Tijdens de bestuiving moet het stuifmeel vanuit de pluim om de kwast van de beginnende kolf landen. Dit proces duurt enkele dagen. Tijdens deze dagen is het verstandig om niet te beregenen. De straal water kan het stuifmeel wegblazen voor het de kolf bereikt. Dit kan leiden tot lege kolven en een onsuccesvolle bestuiving (Veeteelt, 2019).



Figuur 11, Vochtbehoefte mais gedurende het groeiseizoen (Handboek snijmais, 2019)

3.1.4 Doorzaaien of herinzaaien

Een droge en hete zomer kan grasland flinke schade hebben toegebracht. Na de droogte is het belangrijk om deze schade in kaart te brengen en zo nodig actie te ondernemen. Agrifirm adviseert

om de vuistregels weergegeven in figuur 12 aan te houden bij de keuze voor herzaai of doorzaai, om de schade aan de zode te herstellen (Agrifirm, 2019b).

- > 80% goede grassen; u hoeft niets te doen.
- > 50 tot 80% goede grassen, 20% open zode; zaai uw perceel door.
- > Minder dan 50% goede grassen en/of meer dan 20% open zode; ga voor herinzaai.

Figuur 12, Vuistregels voor keuze doorzaai of herinzaai graaland (Agrifirm, 2019b)

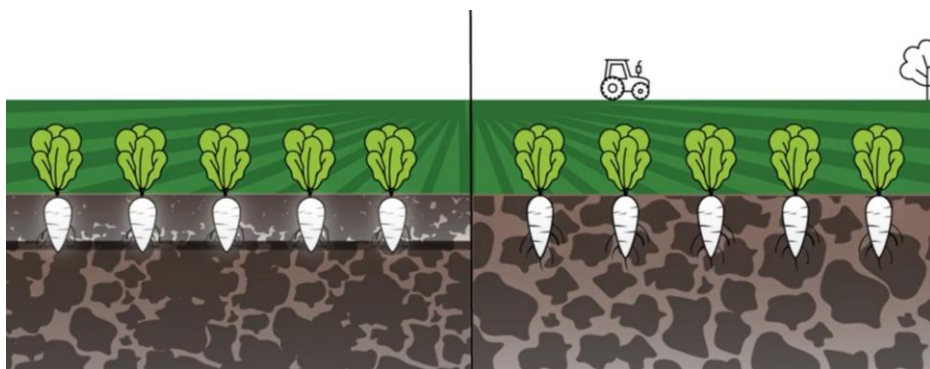
Onder goede grassen worden productiegrassen als Engels raai, Timothee en zachtbladig Rietzwenk verstaan. Slechte grassen zijn bijvoorbeeld Kweek, straatgras en ruwbeemd (Agrifirm, 2019b).

Er is een verschil in kosten tussen herinzaaien en doorzaaien. Kosten van doorzaaien variëren tussen de €150 en de €250 euro per hectare (Barenbrug, 2020b). Herinzaai kost tussen de €700 en €800 euro per hectare (Boerderij, 2020a).

3.1.5 Grondbewerking maisland

Ook de grondbewerking voorafgaand aan de teelt van mais heeft effect op het vochtvasthoudend vermogen van de bodem. Hoe meer vocht er kan worden vastgehouden, hoe langer het vocht kan worden benut tijdens droogte. Er zijn verschillende grondbewerkingen mogelijk voor het klaarmaken van maisland voor het zaaien. Ploegen is een traditionele grondbewerking in Nederland. Hiermee wordt een schoon zaaibed gecreëerd waarbij gewasresten en onkruid wordt ondergewerkt. Vaak wordt er geploegd tussen de 22cm en de 35cm diep. Met een ecoploeg wordt er ondieper geploegd. Hier is de maximale ploegdiepte 18cm. Het voordeel hiervan is dat de structuur van de ondergrond voor een groter deel behouden blijft, maar er toch een schoon zaaibed ontstaat. Ook blijft de organische stof boven in de bodem, waardoor het beter beschikbaar is (Beterbodembeheermagazine, 2020).

Een andere manier van grond bewerken is NKG (niet-kerende grondbewerking). Hierbij wordt de grond wel bewerkt, maar niet gekeerd. Het doel hiervan is om de bodemstructuur en de biodiversiteit in de bodem te behouden of zelfs te verbeteren. In tegenstelling tot ploegen is er geen risico meer op het ontstaan van een ploegzool, die een negatief effect heeft op de bodemstructuur (Goedbodembeheer, 2018). In het voorjaar is de grond hierdoor droger, omdat het water beter kan wegzakken. Dit heeft een positief effect op de bewerkbaarheid, maar kan ook leiden tot een gebrek aan water tijdens de kieming. Anderzijds zorgt een NKG voor een verhoging van het organische stof in de bovengrond en heeft het verhelpen van een ploegzool een positief effect op de capillaire werking. Een verhoging van het organische stof percentage van een procent, staat gelijk aan het vasthouden van 150 kuub water per hectare. Op de lange termijn kan dit tot hogere gewasopbrengsten leiden (Drenth, 2009). Praktijkvoorbeelden bewijzen een diepere beworteling van gewassen bij een NKG. Dit wordt ook geïllustreerd in figuur 13 (WUR Open teelten, 2020).



Figuur 13, Diepere beworteling bij NKG (links) in vergelijking met geploegd land (rechts) (WUR Open teelten, 2020)

Het nadeel van NKG is dat het risico op onkruid groter is. Bij ploegen ontstaat er door het keren van de grond een schoon zaaibed. Bij NKG blijven er gewasresten, groenbemesters en eventueel onkruid aan de oppervlakte liggen. Dit leidt tot een grotere kans op onkruid tijdens de teelt. De kosten voor het bestrijden hiervan zullen hierdoor stijgen bij een NKG. Om tijdens het zaaien geen last te hebben van de gewasresten, moet er gezaaid worden met behulp van schijven. Hierdoor blijft het zaad niet op de gewasresten liggen, maar in de grond (PraktijknetwerkNKG, 2015).

3.1.6 Raskeuze mais

Ook bij de keuze voor het maisras moet er rekening worden gehouden met de droogte. Niet alle rassen zijn even geschikt voor gebruik tijdens een droog jaar. Maisveredelaars hebben een breed spectrum aan maisrassen beschikbaar gesteld. Hierdoor is er voor telers veel te kiezen. Er kan worden gekozen uit kenmerken als vroegrijpheid, drogestofopbrengst, zetmeelgehalte, verteerbaarheid en resistentie tegen schimmels en bacteriën. Per bedrijf is de grondsoort, het rantsoen en het areaal aan mais verschillend. Dit heeft invloed op de keuze voor een bepaald ras (Rundveeloket, 2018). Om zoveel mogelijk structuurschade aan de bodem te voorkomen, is het verstandig om te kiezen voor een vroeg maisras. Vroege rassen kunnen eerder in het seizoen worden geoogst. De kans op slechte oogstomstandigheden later in het seizoen wordt hierdoor kleiner. Een ander voordeel voor het kiezen van een vroeg ras is de vroege kolfzetting en pluimontwikkeling. De kans op droogte en vochttekort is groter in de tweede helft van de zomer. Een (zeer) vroeg ras heeft hiermee een voordeel ten opzichte van een later ras. Zaadleverancier Limagrain stelt dat een vroeg ras een hogere zetmeelopbrengst levert als het een droog seizoen geweest is dan een middenvroeg ras (Limagrain, 2019).

3.1.6.1 Zaadcoating

Het gebruiken van een maiszaad met coating kan een positief effect hebben op de wortelontwikkeling en daarmee vochtopname. Onderzoek van (Van der Schoot & Van Dijk, 2002) toont aan dat maiszaad behandeld met de Trichodermaschimmel een uitgebreider wortelstelsel levert. Onderzoek van Biomygreen en Agrifirm laat zien dat een zaadcoating met mycorrhizaschimmels leidt tot een betere ontwikkeling van het wortelstelsel dan onbehandeld zaad (Tönjes, 2016). Een dieper en uitgebreider wortelstelsel kan van dieper uit de grond vocht halen, waardoor de plant langer doorgroeit tijdens droogte.

3.1.7 Vanggewas

Tijdens een droog jaar kan het oogsten van het vanggewas kansen bieden om het ruwvoertekort voor een deel op te vangen. Sinds 2020 is het verplicht om op zand- en lössgrond waar mais wordt geteeld voor 1 oktober een vanggewas te zaaien. Voor andere grote grondsoorten als klei en veen is inzaaien van een vanggewas niet verplicht. Een vanggewas telen na maïs heeft als doel uitspoeling van stikstof in het najaar en in de winter te voorkomen. Wanneer er voor 1 oktober een vanggewas

gezaaid moet zijn, moet voor deze datum de mais geoogst zijn (RVO, 2020). Wanneer een teler de mais later wil oogsten om zeker te zijn van het juiste oogstmoment, kan er ook worden gekozen voor onderzaai. Hierbij wordt het vanggewas gezaaid in het beginstadium van de maisteelt. Hierbij ontstaat het risico van rijschade aan de maisplanten (Veeteelt, 2020).

Wanneer de droogte leidt tot ruwvoertekorten kan ervoor worden gekozen om het vanggewas te oogsten in plaats van onder te werken. Hierdoor wordt de drogestofopbrengst per hectare per jaar verhoogd. Het nadeel van het oogsten van het vanggewas is dat er minder voordeel gehaald kan worden uit het onderwerken van het vanggewas. Ondergewerkt vanggewas levert in het groeiseizoen nog stikstof na voor het volgende gewas. Wanneer dit al is geoogst, is deze nawerking kleiner. Het oogsten van het vanggewas heeft als risico dat de grondbewerkingen voor de volgende teelt vertraging op lopen, waardoor het zaaien te laat kan beginnen (ForFarmers, 2020). Figuur 14 geeft de plus- en minpunten van de afweging tussen het oogsten of onderwerken van het vanggewas weer, met betrekking tot drogestofopbrengst en N-opbrengst (Van Laarhoven, 2003).

Bewerking	Onderwerken maart	Oogsten april	Onderwerken april	Oogsten mei
Ds-opbrengst (vanggewas)	n.v.t.	+/-	n.v.t.	+
Ds-opbrengst (snijmais)	+/-	-	+/-	+
N-opbrengst (totaal)	+/-	+/-	+/-	-
N-mineraal in het najaar	+/-	+/-	+/-	+
N-efficiëntie	+/-	+	+/-	++

(de beoordeling varieert van - tot ++, waarbij ++ betekent dat de betreffende bewerking zeer goed scoort op het betreffende punt)

Figuur 14, Effect van onderwerken of oogsten van het vanggewas op de drogestof- en N-opbrengst van het vanggewas en de snijmais (Van Laarhoven, 2003).

De drogestofopbrengst van het vanggewas varieert tussen de 2000 en 4000 kilogram drogestof per hectare en is afhankelijk van het soort vanggewas. Ook is er variatie in voederwaarde tussen de vanggewassen (Biokennis, 2017).

3.2 Deelvraag 2

Hoe kan een melkveehouder het stalklimaat optimaliseren tijdens hitte in een droge zomer?

Onderzoek van (Tucker, Rogers, & Schütza, 2008) laat de effecten zien van de aanwezigheid van schaduwplekken in de wei. Het onderzoek toont aan dat bij de meeste zomerdagen gebruik wordt gemaakt van schaduw door de melkkoeien. Tijdens warme zomerdagen werd er een duidelijk verschil in lichaamstemperatuur aangetoond tussen de koeien met weinig en met veel toegang tot schaduw. Het uit de zon houden van koeien is dus belangrijk voor het welzijn en de prestaties van de koeien. In Nederlandse omstandigheden wordt dit op de meest praktische manier bereikt door de koeien overdag in de stal te houden. Dit wordt ook geadviseerd door de land- en tuinbouw Organisatie, LTO (Smid, 2019; Rijkers, 2019).

3.2.1 Buitenlandse voorbeelden

Wanneer de koeien in de stal worden gehouden is het van belang dat er in de stal zo min mogelijk hinder ondervonden wordt van het warme weer. Om hiernaar te streven wordt gekeken naar buitenlandse voorbeelden waar koeien permanent onder warme omstandigheden worden gehouden. Voorbeelden hiervan zijn Israël, de Verenigde Arabische Emiraten, Saoedi-Arabië en Qatar.

Verschillende reportages laten zien op welke manieren er in deze landen wordt omgegaan met de omstandigheden.

Rami Hamad van de Al Rawabi Dairy Co in Dubai, Verenigde Arabische Emiraten, runt een melkveebedrijf met 7000 melkkoeien en 5000 stuks jongvee. De langjarige gemiddelde temperaturen liggen in Dubai van april tot en met december boven de 30 graden (Klimaatinfo, 2020). Ondanks deze hoge temperaturen weet het bedrijf een gemiddelde melkproductie van 31 kilogram melk per koe per dag te realiseren. In de zomer wanneer de buitentemperatuur stijgt tot boven de 40 graden, is de temperatuur in de stal 25 graden. Dit temperatuurverschil wordt bereikt door verschillende maatregelen.

Allereerst is de stal gebouwd met wit tentzeil. Dit weerkaatst het zonlicht waardoor het de koeien beschermt. Ook is het bedrijf uitgerust met 850 Korral Kool ventilatoren. Deze ventilatoren zorgen voor een daling van de temperatuur door middel van luchtverplaatsing en koeling door water (KorralKool, 2016). Verschillende wetenschappelijke artikelen laten zien dat het Korral Kool systeem de lichaamstemperatuur van melkkoeien significant kan laten dalen (Ortiz, 2007; Ortiz, Smith, Bradford, Harner, & Oddy, 2011). Rami Hamad benadrukt het belang van voldoende vers drinkwater. Het water wordt gekoeld tot 20 – 28 graden, om een optimale wateropname te stimuleren (Farooqui, 2019; Bal, 2014).

Ook in Israël worden koeien onder warme omstandigheden gehouden. In Israël hebben de stallen een open karakter. Hierdoor kan er veel verse lucht de stal in en zorgen ventilatoren voor de luchtverplaatsing. Hiernaast worden de koeien zes tot zeven maal per dag gekoeld met water. Door middel van een sprinklerinstallatie in de wachtruimte voor de melkstal worden de koeien nat gemaakt. Op de meeste bedrijven worden de koeien driemaal per dag gemolken, maar in de zomermaanden komen de koeien vaak dus twee keer zo vaak in de wachtruimte om gekoeld te worden. Na het koelen worden de koeien met ventilatoren gedroogd. Droge koeien blijven schoner in de vrijloopstallen, doordat het strooisel niet blijft plakken. Dit verbetert de hygiëne en het werkgemak (Beerling, 2015).

In Qatar worden ook melkkoeien gehouden. De Qatarese overheid wil niet afhankelijk zijn van import van zuivelproducten uit het buitenland en heeft daarom besloten zelf te gaan produceren. In de

woestijnstaat kunnen temperaturen oplopen tot 50 graden celsius, dus wordt er flink geïnvesteerd om de koeien koel te houden. Ook hier worden de koeien direct gekoeld door middel van sprinklers. Door de hoge buitentemperatuur zijn de stallen niet open. Met aircoinstallaties wordt de temperatuur omlaag gebracht tot 25 graden (Veauthier, 2017).

3.2.2 Verneveling en besproeien

Zoals bovenstaande voorbeelden uit andere klimaatgebieden laten zien, is verkoeling brengen met water een veelgebruikte methode. Verneveling is een manier om de lucht in de stal te koelen en daarmee een aangenamer klimaat te creëren. Bij goed gebruik kan verneveling zorgen voor een toename van de melkproductie. Slowaaks onderzoek onder tien groepen koeien wijst uit dat de melk- en eiwitproductie van de door verneveling gekoelde koeien significant hoger is dan de vergelijkingsgroep (9234,4 kg vs. 7569,7 kg; 293,5 kg vs. 247,1 kg) (Broucek, Mihina, Ryba, Tongel, & Uhrincat, 2006). Echter kleven er ook nadelen aan dit systeem. Bij verneveling wordt de luchtvochtigheid in de stal namelijk verhoogd. Hierdoor stijgt de THI wat een slechte invloed heeft op het welzijn van de koe. Het is hierom van belang dat bij verneveling de ventilatie zorgt dat de nevel niet op de koe neer slaat. Onderzoek van Liang Choo Hsia wijst uit dat neerslaande nevel op een koe juist een negatief effect kan hebben op het welzijn van de koe. Er ontstaat dan een isolerende laag lucht, tussen de huid van de koe laag met water op het haar. Hierdoor kan deze lucht niet weg en ervaart de koe meer warmte (Hsia, 2002). Ventilatie moet ervoor zorgen dat de nevel enkel de lucht afkoelt, maar niet de koe zelf (Rongen, 2019).

Bij het natsproeien van koeien wordt meer water gebruikt. Hierdoor dringt het water door de haren van de koe naar de huid waardoor het de koe wél koelt. Een ander voordeel ten opzichte van verneveling is dat de luchtvochtigheid in de stal relatief laag blijft. Rongen (Rongen, 2019) adviseert bij warme dagen een cyclustijd van 12 minuten, waarbij de sproeiers drie minuten aan staan en negen minuten uit. De effecten van het natsproeien van koeien zijn onderzocht in Amerikaans onderzoek (Legrand, Schütz, & Tucker, 2011). Hierin werd een groep koeien met vrijwillige toegang tot een douche, vergeleken met een controlegroep zonder douche. Het onderzoek toont aan dat de douche het meest werd gebruikt tussen 10.00 uur en 19.00 uur, de warmste uren van de dag. Naarmate de lichaamstemperatuur toenam, werd ook de douchetijd langer. De douchegebruikende koeien toonden minder wisselingen in lichaamstemperatuur gedurende de dag. Het aantal ademhalingen per minuut was bij deze koeien minder dan bij de controlegroep. Ook werd er meer activiteit gemeten en spendeerden ze minder tijd bij de waterbak. Waarbij bij de controlegroep een aantal koeien met open bek hijgden, was dit bij de koeien met toegang tot de douche niet het geval. Opvallend is dat het verschil in bezoekfrequentie aan de douche groot is, tussen de koeien onderling. (Legrand, Schütz, & Tucker, 2011). Het onderzoek toont aan dat koeien gebruik maken van een douche wanneer deze wordt aangeboden. Dit heeft zowel effect op lichaamstemperatuur als het gedrag. De variabiliteit tussen de individuele koeien in het gebruik maken van de douche, insinueert dat sommige koeien liever geen gebruik maken van een douche. Andere studies bevestigen deze verschillende voorkeuren van individuele koeien voor een douche (Kendall, Verkerk, Webster, & Tucker, 2007; Tucker C. B., et al., 2007; Marcillac-Embertson, Robinson, Fadel, & Mitloehner, 2009).

3.2.3 Lengteventilatie en dwarsventilatie

Evenals het gebruik van water om de lichaamstemperatuur van de koeien omlaag te brengen, zijn ook ventilatoren in alle bovenstaande voorbeelden aanwezig. Er zijn verschillende vormen van ventilatie. Zo is er lengteventilatie. De ventilatoren zijn in de lengterichting van de stal gepositioneerd. Hierdoor ontstaat er een luchtstroming over de koeien, wat zorgt voor verkoeling. Het voordeel van dit systeem is dat het toepasbaar is in elk bestaand stalsysteem. Een andere vorm van ventilatie is dwarsventilatie. De ventilatoren zijn in dit systeem in de breedterichting gepositioneerd,

waardoor er verse lucht van buiten de stal in wordt gebracht. Dit ondersteunt de natuurlijke luchtstroming in de stal. Ook een combinatie van dwars- en lengteventilatie is mogelijk. Hiermee wordt er verse lucht via dwarsventilatie binnengebracht en verder door de stal verdeelt door lengteventilatie (Stevens, 2021).

3.2.4 Buisventilatie

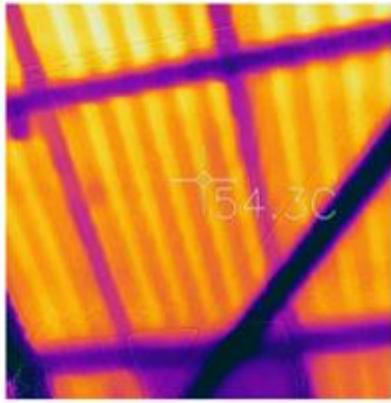
Ook bij buisventilatie wordt er verse lucht de stal in gebracht. Hierbij wordt buitenlucht door middel van een ventilator een buis in geblazen. Deze buis loopt in de lengterichting door de stal en blaast door middel van openingen in de buis verse lucht over de ligboxen en het voerhek (figuur 15). Het voordeel van dit systeem is dat er schone buitenlucht wordt gebruikt om de koeien te koelen. Dit is anders dan bij lengte- en breedteventilatie waarbij er altijd stallucht wordt rondgeblazen. Bij buisventilatie wordt de lucht continu ververs. Dit resulteert in minder infecties, een lagere luchtvochtigheid en minder ziektekiemen (Beekman, 2019). Amerikaans onderzoek vergeleek koeien gehouden in buis-geventileerde stallen, met koeien gekoeld door besproeiing in combinatie met ventilatoren. Het onderzoek liet zien dat de lichaamstemperatuur van de koeien in buisventilatiestallen lager is dan van de door besproeiing en ventilatoren gekoelde koeien. Ook was de melkproductiedip van de koeien in de buisventilatiestallen minder (3,5% afname) dan van de tweede groep (5,8% afname) (Dikman, Larson, De Vries, & Hansen, 2020).



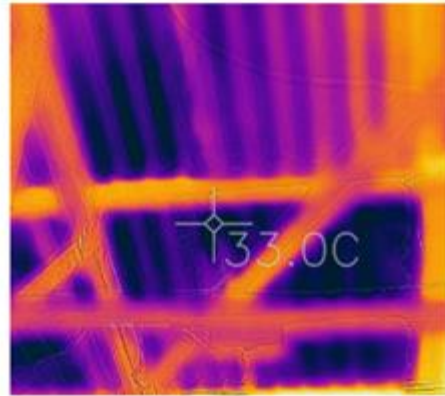
Figuur 15, Buisventilatie in een ligboxenstal (Beekman, 2019)

3.2.5 Dakkoeling

Een andere praktische manier om de temperatuur in de stal te doen dalen, is het koelen van het dak. Tijdens hete zomerdagen straalt het zonlicht direct in op het dak van de stal. Niet-geïsoleerde daken kunnen temperaturen bereiken tot wel 60 graden. Het nathouden van deze daken verlaagt de temperatuur in de stal met acht graden, ten opzichte van een niet natgehouden dak. Figuur 16 laat het temperatuurverschil zien tussen een nat en een droog dak tijdens een hete dag (ForFarmers, 2019).



1a. Droog dak heeft een temperatuur van 54,3°C



1b. Nat dak heeft een temperatuur van 33,0°C

Figuur 16, Verschil in temperatuur tussen een droog (1a) en een nat dak (1b) tijdens een hete zomerdag (ForFarmers, 2019)

3.3 Deelvraag 3

Op welke manieren kan het rantsoen voor melkkoeien bijdragen aan het in stand houden van de diergezondheid en productie tijdens hitte en droogte?

Tijdens hoge temperaturen nemen koeien minder kilo's drogestof op. Bij een hoge voeropname wordt er veel warmte geproduceerd. Wanneer de buitentemperatuur oploopt, gaat een koe met een hoge productie en voeropname, minder voer opnemen om het oplopen van de lichaamstemperatuur te verminderen (Rozendaal, 2019; Schneider, Beede, Wilcox, & Collier, 1984). Hiernaast wordt de door de koe opgenomen energie ook anders benut tijdens warm weer. De benodigde energie voor onderhoud stijgt met 7 tot 22% (NRC, 2001). Door de lagere voeropname, hoge temperaturen en andere energiebenutting, moeten accenten in het rantsoen worden aangepast om de koe optimaal te blijven voeren.

3.3.1 Beperken warmteproductie

Voeders met een hoog aandeel NDF (Neutral Detergent Fibre) bevatten veel celwanden. Bij de afbraak van celwanden wordt er veel warmte geproduceerd door de koe. In structuurrijk voer als ruwvoer zit veel NDF, wat leidt tot veel warmteproductie bij de afbraak. Om deze warmteproductie tegen te gaan gaat de koe minder ruwvoer opnemen (ABZ, 2019). Hierdoor verandert de ruwvoer-krachtvoer verhouding in het rantsoen. Krachtvoer bevat minder NDF en bij de afbraak ervan wordt minder warmte geproduceerd. Het is hierom verstandig om het aandeel krachtvoer in het rantsoen tijdens hete dagen te verhogen naar 40-45%. Hierdoor krijgt de koe voldoende energie binnen terwijl de warmteproductie beperkt blijft (Van der Knaap, 2012).

Naast het verlagen van het aandeel NDF in het rantsoen heeft ook het verlagen van de OEB (Onbestendig Eiwit Balans) in het rantsoen een positief effect op het verlagen van de warmteproductie. De OEB is positief als er in de pens relatief meer eiwit aanwezig is ten opzichte van energie. Hierbij wordt een deel van het eiwit niet benut en wordt de stikstof uit het eiwit door de lever omgezet in ureum. Het ureum verlaat de koe onbenut in de melk en in de urine. Bij de omzetting van stikstof naar ureum in de lever wordt veel warmte geproduceerd. Het is juist tijdens een warme periode van belang om scherp op de eiwitnorm te voeren, om de warmteproductie zo veel mogelijk te beperken (Van der Knaap, 2012; Heeres- v.d. Tol & Plomp, 1996).

3.3.2 Pensbuffer

Zoals eerder beschreven wordt de opname van NDF in het rantsoen minder tijdens warme periodes. Bij de afbraak van NDF komt warmte vrij, maar NDF zorgt ook voor een trage passagesnelheid van het voer door de pens. Wanneer er minder NDF wordt opgenomen door de koe, is er een groot risico op een te snelle passage. De fermentatie in de pens wordt hierdoor minder stabiel. De afbraak van zetmeel, pectine en fructosanen in krachtvoer gaat sneller dan de cellulose en hemicellulose uit ruwvoer. De verandering in fermentatie zorgt er ook voor dat er meer propionzuur en minder azijnzuur wordt aangemaakt in de pens. Dit leidt tot een daling van de pH in de pens, waardoor de pens zuur wordt (Tamminga, Van Vuuren, & Van der Koelen, 1978).

Wanneer dit het geval is, is er sprake van pensverzuring. Een koe met pensverzuring is minder actief en heeft een wisselende mestsamenstelling. De koe kan schuim op de mond hebben en de voeropname is minder. Ook de melkproductie loopt terug en het melkvetpercentage kan lager worden. Ook heeft het een negatief effect op klauwgezondheid en vruchtbaarheid. Pensverzuring valt te herkennen aan verschillende symptomen, zoals het laten liggen van krachtvoer, een verminderde herkauwactiviteit, een mindere pensvulling en een dof haarkleed (NieuweOogst, 2018).

Speeksel is voor een koe een belangrijk middel om de pens stabiel te maken. Speeksel heeft een positief effect op de pH in de pens, waardoor de pens minder zuur wordt. Speeksel zorgt hier als een buffer tegen pensverzuring. Een hoge passagesnelheid van het voer, een lager aandeel NDF en een verzuurde pens zorgen allemaal voor een verminderde herkauwactiviteit. Bij een afname hiervan neemt ook de speekselproductie af. Hierdoor komt er ook minder speeksel in de pens (Klein Swormink, 2020).

Naast een te snelle passagesnelheid en een tekort aan buffer in de pens zorgt ook een te lage vreetfrequentie voor een verhoogt risico op pensverzuring. Tijdens een hete dag komen koeien minder vaak naar het voerhek. Hierdoor komt de pens vaker leeg te staan en stopt de activiteit in de pens. Hiernaast is ook de ademfrequentie van de koeien hoger. Hierdoor ademt de koe meer CO₂ uit, waardoor er minder bicarbonaat in het bloed zit. Doordat de koe tijdens de hitte veel zweet, verliest het ook veel natrium. Deze factoren leiden tot een vermindering van natrium en bicarbonaat in de pens. Deze stoffen zijn juist essentieel om de het zuur in de pens te neutraliseren en pensverzuring tegen te gaan (Dijcker & Van Raalte, 2014; GDDiergezondheid, 2018).

Met het preventief toedienen van natriumbicarbonaat kan pensverzuring tijdens een hete periode worden voorkomen. Natriumbicarbonaat neemt de bufferende werking van het speeksel over. Het voordeel van natriumbicarbonaat is dat het snel werkt. Het nadeel is dat het na twee tot drie uur is uitgewerkt en de pH in de pens hierdoor kan gaan schommelen. Er zijn ook alternatieve middelen op de markt die langer werken. Zo heeft Spaans onderzoek aangetoond dat het Franse middel pHix zes uur lang een goede bufferwerking heeft (Klein Swormink, 2020).

3.3.2.1 Gisten

Het toevoegen van levende gisten aan het rantsoen stimuleert de melkzuurbacteriën in de pens. Deze bacteriën zetten melkzuur om in propionzuur waardoor de pens minder zuur wordt. Hiernaast verbruiken de gisten zuurstof. Dit bevordert het werk van de celwand afbrekende bacteriën, waardoor het ruwvoer beter wordt verteerd en benut (Oegema, 2019).

3.3.3 Energie

Zoals eerder beschreven verbruikt een koe met hittestress 7 tot 22% meer energie voor onderhoud dan normaal. Hiernaast is door de mindere drogestofopname de energieopname uit voer minder. Het bijvoeren van pensbestendig vet kan ervoor zorgen dat ook bij een mindere voeropname, de koe voldoende energie binnenkrijgt. Pensbestendig vet heeft een hoge energiedichtheid van wel 3650 VEM. Het is van groot belang dat het vet niet onverzadigd is. Wanneer dit het geval is kan het vet in de pens aan de pensbacteriën gaan kleven, waardoor deze het voer niet meer kunnen afbreken. Verzadigd vet wordt pas afgebroken in de darmen, waardoor het pensbestendig is. Pensbestendig vet kan gevoerd worden in een TMR (Total Mixed Ration) rantsoen en vermengd worden in het krachtvoer (Hogenkamp, 2017).

Een andere manier om de energiedichtheid van het rantsoen te verhogen tijdens een hete periode is het bijvoeren van pensbestendig zetmeel. Koeien komen tijdens hittestress in een negatieve energiebalans. Er wordt hierbij meer energie verbruikt aan onderhoud en productie, dan dat er binnenkomt via voeding. Uit onderzoek blijkt dat koeien die door hittestress in een negatieve energiebalans komen, geen extra vetzuren gaan produceren. Dit doen verse koeien in een negatieve energiebalans wel. Een eerste mogelijke verklaring hiervoor is dat bij dit proces veel warmte vrijkomt. Een tweede verklaring is dat koeien met hittestress meer insuline gaan produceren. Hierdoor kunnen koeien beter glucose benutten en waardoor ze niet de vetzuren benutten. De glucose wordt hierbij niet gebruikt voor melkproductie, maar voor lichamelijk onderhoud. Koeien zijn

tijdens hittestress dus meer afhankelijk van glucogene energie. Door het bijvoeren van pensbestendig zetmeel kan hierop worden ingespeeld (Van der Knaap, 2012).

3.3.4 Voerkwaliteit

Juist wanneer de voeropname van koeien door de hitte minder is geworden, is het extra belangrijk dat de kilo's voer die opgenomen worden van goede kwaliteit zijn. Broei, vuil of onsmakelijk voer mag geen reden zijn voor een nog lagere voeropname. Toch is het juist in een hete periode moeilijker om het voer fris te houden. Ziekteverwekkers als gisten en bacteriën ontwikkelen zich sneller tijdens hoge temperaturen (Beerling, 2018). Een manier om broei in het rantsoen te voorkomen is om een broeiremmers aan de TMR toe te voegen. Broeiremmers zijn gemaakt op basis van zuren, om de pH van het rantsoen omlaag te brengen. Door het zuurdere milieu hebben bacteriën, schimmels en gisten minder kans, waardoor het voer frisser blijft (Melkveebedrijf, 2018).

Een andere manier om broei aan het voerhek te voorkomen is om meerdere keren op een dag te gaan voeren. Hierdoor hoeft het voer minder lang voor het voerhek te blijven liggen en heeft het minder tijd om te gaan broeien. Bij voorkeur wordt 60% van het rantsoen gevoerd in de namiddag of vroege avonduren. Dit heeft een positief effect op de totale voeropname, omdat koeien liever en meer vreten in de avonduren (Beerling, 2018). Tevens heeft vaker voeren een positief effect op de penswerking, omdat de koeien minder kans krijgen om te selecteren. Ook zorgt het dat de koeien extra in de benen komen om te gaan vreten. Dit houdt de pens beter gevuld (Veeteelt, 2016).

4. Discussie

Het doel van dit onderzoek is om Nederlandse melkveehouders handvatten te bieden bij het omgaan met droge en hete jaren. De jaren 2018, 2019 en 2020 lieten zien dat droogte en hitte uitdagingen met zich meebrengen. De verwachting is dat dit soort extreme jaren zich vaker gaan voordoen (Leemans, 2016) en daarom heeft dit onderzoek als doel om melkveehouders te helpen hun bedrijf weerbaarder te maken tegen extreme droogte en hitte.

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten per deelvraag beantwoord. Het is echter per bedrijf verschillend hoe zwaar elk van deze deelvragen weegt, in de bestrijding van droogte en hitte. Op het ene bedrijf zal het antwoord op een van de deelvragen meer van belang zijn dan bij een ander bedrijf. Dit is afhankelijk van de grondsoort, de omvang van het bedrijf, de staat van de gebouwen en de visie van de ondernemer.

4.1 Deelvraag 1

Hoe kan een melkveehouder de door droogte opgelopen schade aan het ruwvoer zoveel mogelijk beperken?

Zoals gepland is de informatie uit dit hoofdstuk verkregen uit de literatuur. In dit hoofdstuk is onderzocht wat de rol is van beworteling, bemesting, beregening, doorzaaien/herinzaaien, grondbewerking, raskeuze en vanggewas, tijdens een droog jaar. In het onderzoek wordt aangegeven wat van positief of negatief effect heeft op deze aspecten met betrekking tot het bestrijden van de gevolgen van droogte en hitte. Toch is de termijn waarop deze effecten resultaat opleveren per aspect verschillend. Ingrepen in grondbewerking of ingrepen om de beworteling te optimaliseren, geven pas op de lange termijn resultaat, terwijl beregenen en een vanggewas oogsten al op korte termijn meer ruwvoer oplevert.

Om praktische redenen houdt dit onderzoek geen rekening met verschillende grondsoorten, maar zijn de algemene effecten van maatregelen beschreven. Per grondsoort kan het effect van een maatregel verschillen. Voor een toekomstig onderzoek is het interessant om te onderzoeken wat een positief of negatief effect heeft op de beschreven aspecten, per grondsoort.

Ook per bedrijf is de impact van een maatregel verschillend. Een bedrijf met een ruwvoeroverschot heeft wellicht minder behoefte aan aanpassingen waardoor de kilo's drogestof per hectare stijgen, dan een bedrijf met een ruwvoertekort.

4.2 Deelvraag 2

Hoe kan een melkveehouder het stalklimaat optimaliseren tijdens hitte in een droge zomer?

In deze deelvraag zijn veehouderijssystemen in drie verschillende landen gebruikt om te onderzoeken op welke manier de temperatuur in de stallen omlaag wordt gebracht. In dit onderzoek is er gekozen voor VAE, Israël en Qatar. Echter zijn er meer landen waarin koeien onder hete omstandigheden worden gehuisvest. Hierdoor hadden er ook andere landen gebruikt kunnen worden wat had kunnen leiden tot andere resultaten. Er is gekozen voor deze landen omdat er veel informatie over beschikbaar was.

In het onderzoek komt naar voren dat het aanbieden van een douche aan koeien een positief effect heeft op de activiteit van de koe en de lichaamstemperatuur (Legrand, Schütz, & Tucker, 2011). Voor een zo goed mogelijk resultaat is het dus van belang dat zoveel mogelijk koeien hier gebruik van maken. Echter blijkt ook dat er een grote variatie per koe is, in het gebruik maken van de douche. Deze onzekerheid bemoeilijkt de keuze voor een vrijwillige douche-installatie, omdat de mate van

effectiviteit op koppelniveau onzeker is (Kendall, Verkerk, Webster, & Tucker, 2007; Tucker C. B., et al., 2007; Marcillac-Embertson, Robinson, Fadel, & Mitloehner, 2009).

Welk systeem van koelen en ventileren het best is, is afhankelijk van verschillende factoren en dus anders voor elk bedrijf. Dit heeft te maken met de hoogte van de stal, de grote van de luchtinlaat en grote/aanwezigheid van een wachtruimte. Ook wordt het koelen van het dak bemoeilijkt wanneer er zonnepanelen op het dak aanwezig zijn.

4.3 Deelvraag 3

Op welke manieren kan het rantsoen voor melkkoeien bijdragen aan het in stand houden van de diergezondheid en productie tijdens hitte en droogte?

De daling in melkproductie tijdens hittestress lijkt maar deels (35-50%) te worden veroorzaakt door de lagere drogestofopname (Rhoads, et al., 2009; Wheelock, Rhoads, Van Baale, Sanders, & Baumgard, 2010). Het effect van rantsoenaanpassingen op de melkproductie lijkt dan ook niet al te groot te zijn. Toch kunnen aanpassingen wel helpen de koeien goed door de hitte heen te loodsen (Van der Knaap, 2012).

Uit het onderzoek blijkt dat het verlagen van het aandeel NDF helpt om de warmteproductie van de koeien te verlagen. Toch is het verhogen van het aandeel NDF belangrijk voor de herkauwactiviteit en daarmee het voorkomen van pensverzuring. Hierdoor moet er een keuze worden gemaakt tussen enerzijds warmteproductie en anderzijds pens-pH. Deze tegenstrijdigheid in advies is ook terug te zien in de literatuur, waarin (Beerling, 2018) pleit voor het verlagen van het aandeel NDF en (Klein Swormink, 2020) het tegenovergestelde adviseert. De bronnen hebben beiden een ander belang bij het advies. (Beerling, 2018) geeft advies om de warmteproductie in de koe te verlagen en (Klein Swormink, 2020) adviseert om pensverzuring te voorkomen.

5. Conclusie

De jaren 2018, 2019 en 2020 waren extreem warm en droog in vergelijking met de voorgaande decennia. Dit leverde Nederlandse melkveehouderijen ruwvoertekorten, vruchtbaarheidsverlies, productieverlies en inkomensverlies. De wetenschap maakt duidelijk dat de kans op warme en droge zomers steeds groter wordt in Nederland. Dit onderzoek heeft als doel om de Nederlandse melkveehouder handvatten te bieden, om de negatieve effecten van droogte en hitte te voorkomen.

5.1 Beantwoording deelvragen

Hoe kan een melkveehouder de door droogte opgelopen schade aan het ruwvoer zoveel mogelijk beperken?

Een diepe en uitgebreide beworteling is essentieel voor een gewas tijdens droogte lang blijft produceren. Het voorkomen en verhelpen van bodemverdichting, in combinatie met een juiste zuurtegraad en fosfaattoestand, zorgt voor een gezonde bodem. Ook het verhogen van het organische stofpercentage draagt bij aan een goede beworteling en watervastlegging. Het verbeteren van de bodemstructuur en het organische stofgehalte is een duurzaam project en levert op lange termijn resultaat. Op kortere termijn zorgen beregenen, effectief bemesten, zaaikiezen en het oogsten van het vanggewas voor een hogere drogestofopbrengst in een droog jaar.

Hoe kan een melkveehouder het stalklimaat optimaliseren tijdens hitte in een droge zomer?

Om de koeien zo min mogelijk last te later ondervinden van de hitte, zijn hittebeperkende maatregelen in de stal van belang. Een optionele maatregel is een vernevelingsinstallatie in de stal. Hiermee wordt de lucht in de stal gekoeld, wat leidt tot verhoging van de melkproductie inclusief gehalten. Nadeel van dit systeem is een hogere luchtvochtigheid en een goede afstelling is essentieel. Een andere in het buitenland veelgebruikte maatregel is het besproeien van de koeien. Hiermee daalt de lichaamstemperatuur en de koe wordt actiever. Koeien blijken echter persoonlijke voorkeuren te hebben wat betreft besproeiing, wat de effectiviteit van het systeem beïnvloed. Ook ventilatiesystemen leiden tot een daling van de staltemperatuur. Buis- dwarsventilatie zorgen voor gezondere verse buitenlucht. Het koelen van het dak blijkt een praktische en effectieve maatregel om de temperatuur in de stal te doen dalen.

Op welke manieren kan het rantsoen voor melkkoeien bijdragen aan het in stand houden van de diergezondheid en productie tijdens hitte en droogte?

Aanpassingen in het rantsoen kunnen hittestress niet voorkomen, maar het zorgt er wel voor dat koeien goed door de hittestress gelooft worden. Het rantsoen kan helpen de warmteproductie van de koe te doen dalen. Het toevoegen van pensbestendig vet en pensbestendig zetmeel zorgt ervoor dat ook met een mindere voeropname het energieniveau op peil blijft. Natriumbicarbonaat helpt om pensverzuring te voorkomen.

5.2 Beantwoording hoofdvraag

Wat kan een Nederlandse melkveehouder het best doen bij de bestrijding van de gevolgen van langdurige droogte, op het gebied van management in de belangrijkste aspecten van zijn bedrijf?

De vraag wat het beste is wat een Nederlandse melkveehouder kan doe bij het bestrijden van de gevolgen van langdurige droogte, kan niet worden beantwoord. Hiervoor zijn Nederlandse melkveehouderijen te verschillend. Wat in algemene zin kan worden gezegd is dat op lange termijn investeren in een gezonde bodem en een aangenaam stalklimaat zijn vruchten afwerpt. Op de korte termijn helpen beregenen, gericht bemesten, het vanggewassen oogsten en kleine rantsoenaanpassingen voor minder melkproductieverlies en meer ruwvoer.

6. Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden aanbevelingen gedaan dan naar aanleiding van het onderzoek. De aanbevelingen zijn voor de korte- en lange termijn en zijn bedoeld voor de melkveehouders. Ook worden er enkele aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek.

6.1 Aanbevelingen voor melkveehouders

Hoe kan een melkveehouder de door droogte opgelopen schade aan het ruwvoer zoveel mogelijk beperken?

Aanbevelingen voor de korte termijn:

- Gebruik in een droog voorjaar een ureumhoudende kunstmeststof, zodat de korrel ook zonder regen de plantenwortels bereikt.
- Voeg water toe aan de mest voor een optimale benutting en meer opbrengst.
- Beregen gras en maisland voor een hogere drogestofopbrengst
 - Beregen maisland na het zaaien wanneer er geen neerslag valt, voor een goede kieming.
 - Beregen het maisland niet te snel om de wortelontwikkeling niet te remmen, beregen pas als het blad ook 's ochtends omgekruld is.
 - Beregen maisland voor de kolfzetting, omdat de plant dan veel vocht nodig heeft
 - Beregen niet tijdens de bestuiving, dit kan leiden tot een onsuccesvolle bestuiving.
- Bepaal de botanische samenstelling van het grasland na de droogte.
 - Zaai het grasland door bij 50-80% goede grassen en/of bij 20% open zode.
 - Zaai het grasland opnieuw in bij minder dan 50% goede grassen en meer dan 20% open zode.
- Verkijs bij het klaarmaken van het maisland voor ploegen boven NKG wanneer de korrel in droge grond komt te liggen. Door te ploegen komt er vochtigere grond naar boven.
- Kies voor een vroeg maisras in een droog jaar.
 - Kies voor een korrel met coating voor een optimale wortelontwikkeling.
- Oogst het vanggewas bij een ruwvoertekort.
 - Werk het vanggewas onder wanneer dit niet direct noodzakelijk is als ruwvoer.

Aanbevelingen voor de lange termijn:

- Zorg voor een goed bewortelbare bodem
 - Voorkom hoge wiellasten, vooral onder natte omstandigheden.
 - Verkijs een NKG boven ploegen.
 - Bemonster de grond om de zuurtegraad en de fosfaattoestand te controleren.
 - Bekalk de grond bij een te lage zuurtegraad.
 - Pas een fosfaatbemesting toe bij een te lage fosfaattoestand.
 - Gebruik diepwortelende grassen die ook tijdens droogte doorgroeien, zoals zacht rietzwenk.
- Zorg voor een ruime mestopslag, zodat er in de zomer niet bemest hoeft te worden om ruimte te maken in de mestopslag.

Hoe kan een melkveehouder het stalklimaat optimaliseren tijdens hitte in een droge zomer?

Aanbevelingen voor de korte termijn:

- Besproei het dak vanaf boven met water om de dakplaten te koelen, zodat de staltemperatuur daalt.

Aanbevelingen voor de lange termijn:

- Installeer ventilatoren om luchtverplaatsing in de stal te veroorzaken.
 - Kies indien mogelijk voor dwars- of buisventilatie om schone buitenlucht door de stal te blazen.
- Zorg wanneer de stal wordt gekoeld door middel van verneveling, voor een goed werkende ventilatie. Voorkom hiermee dat de koeien nat worden en meer hittestress ondervinden.

Op welke manieren kan het rantsoen voor melkkoeien bijdragen aan het in stand houden van de diergezondheid en productie tijdens hitte en droogte?

- Zorg voor vers en schoon drinkwater.
- Wees scherp op warmtestimulerende voercomponenten.
 - Beperk de warmteproductie door het aandeel NDF in het rantsoen te verlagen.
 - Verlaag de OEB in het rantsoen door scherp te voeren op eiwit. Hiermee wordt de warmteproductie verlaagd.
- Voorkom pensverzuring.
 - Zorg dat de herkauwactiviteit op peil is. Voer meer NDF wanneer dit niet het geval is.
 - Voer vaker per dag om de vreetfrequentie op peil te houden.
 - Voer natriumbicarbonaat bij als pensbuffer tegen pensverzuring.
 - Voer gisten bij om de pH in de pens te verlagen.
- Voer pensbestendig vet bij, om het energieverlies in het rantsoen door de mindere drogestofopname te compenseren.
- Voer pensbestendig zetmeel om voldoende glucogene energie te genereren.
- Zorg voor een optimale voerkwaliteit.
 - Voeg een broeieremmer toe om broei te voorkomen.
 - Voer vaker op een dag om het voer verser te houden.
 - Voer 60% van het voer in de namiddag en vroege avond, om het natuurlijke vreetmoment van een koe optimaal te benutten.

6.2 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Voor een vervolgonderzoek zou er gekeken kunnen worden naar de effecten van de maatregelen op de verschillende grondsoorten in Nederland. Op deze manier kan er een preciezer advies aan een ondernemer gegeven worden, per grondsoort. Ook zou er meer onderzoek gedaan kunnen worden naar het koelen van het dak van de stal door middel van water. De resultaten lijken veelbelovend (ForFarmers, 2019), maar er is nog weinig literatuur over te vinden.

Bibliografie

- ABZ. (2019). ABZ Diervoeding. *Hittemix rundvee voor een optimale productie in de zomer*. Geraadpleegd op: 3-1-2021 Opgehaald van: <https://www.abzdiervoeding.nl/rundvee/hitemix-rundvee-voor-een-optimale-productie-in-de-zomer/>
- Agrifirm. (2019a, Juli 12). *Organische stof houdt vocht voor de mais vast*. Geraadpleegd op: 22-12-2020 Opgehaald van: <https://www.agrifirm.nl/nieuws/organische-stof-houdt-vocht-voor-de-mais-vast/>
- Agrifirm. (2019b, Augustus 6). *Tips bij graslandvernieuwing na droogte*. Geraadpleegd op: 14-12-2020 Opgehaald van: <https://www.agrifirm.nl/nieuws/tips-bij-graslandvernieuwing-na-droogte/#:~:text=Tips%20bij%20doorzaaien%20na%20droogte&text=Wacht%20voor%20het%20doorzaaien%20op,verrot%20het%20bij%20veel%20regen.>
- Agrifirm. (2019c, Juli 3). *Beregenen of niet?* Geraadpleegd op: 28-11-2020. Opgehaald van: <https://www.agrifirm.nl/nieuws/beregenen-of-niet/>
- Arts, W. (2013, Augustus 7). *Scherpe daling voederwaarde gras door warmte en droogte*. Geraadpleegd op: 15-11-2020. Opgehaald van: [https://www.melkvee.nl/artikel/71492-grasmonitor.com-grasmonitor-scherpe-daling-voederwaarde-gras-door-warmte-en-droogte/#:~:text=Gras%20veroudert,189%20\(2012%2C%20218\).](https://www.melkvee.nl/artikel/71492-grasmonitor.com-grasmonitor-scherpe-daling-voederwaarde-gras-door-warmte-en-droogte/#:~:text=Gras%20veroudert,189%20(2012%2C%20218).)
- Bal, a. (2014, december 23). *Hitte managen in de woestijn*. Geraadpleegd op: 4-01-2021. Gevonden in: <https://www.melkvee100plus.nl/Artikelen/Buitenland/2014/12/Hitte-managen-in-de-woestijn-1663516W/>
- Barenbrug. (2020a). *GreenSpirit, Structuur*. Geraadpleegd op: 25-11-2020. Gevonden in: <https://www.barenbrug.nl/structuur>
- Barenbrug. (2020b). *Doorzaai van grasland: wat verdient je ermee?* Geraadpleegd op: 11-11-2020. Opgehaald van: https://www.barenbrug.nl/veehouderij/doorzaaien_wat-verdien-je-ermee
- Barenbrug. (2020c, december 28). *Rietzwenk heeft geen moeite met droogte en hitte*. Geraadpleegd op 28-12-2020. Opgehaald van: <https://www.barenbrug.nl/rietzwenk-heeft-geen-moeite-met-droogte-en-hitte>
- Beekman, J. (2019). *Buisventilatie: minder ziektekiemen in rundveestal*. Geraadpleegd op: 14-01-2021. Opgehaald van: <https://www.boerderij.nl/Rundveehouderij/Achtergrond/2019/1/Buisventilatie-minder-ziektekiemen-in-rundveestal-379047E/>
- Beerling, W. (2015). *Koeien koelen, wacht- anex koelruimte*. Geraadpleegd op: 5-01-2021. Gevonden in: <https://edepot.wur.nl/363674>
- Beerling, W. (2018). *Hitteplan melkvee*. Geraadpleegd op: 22-12-2020. Gevonden in: <https://www.vakbladelite.nl/2018/07/25/hitteplan-melkvee/>
- Bemestingsadvies. (2020, December 30). *Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen*. Bemestingsadvies. Geraadpleegd op: 2-12-2020. Opgehaald van: <https://edepot.wur.nl/413891>
- Beterbodembeheermagazine. (2020). *Gereduceerde grondbewerking*. Geraadpleegd op: 5-11-2020. Opgehaald van: <https://www.beterbodembeheermagazine.nl/beter-bodembeheer-magazine-editie-1/grondbewerking>
- Biokennis. (2017, oktober 17). *Vanggewas als ruwvoer*. Geraadpleegd op: 30-12-2020. Opgehaald van: <https://www.biokennis.org/nl/biokennis/shownieuws/Vanggewas-als-ruwvoer.htm>
- Biologielessen. (2020). *Transport in de plant*. Geraadpleegd op: 16-11-2020. Opgehaald van: <https://biologielessen.nl/index.php/dna-12/577-transport-in-de-plant#:~:text=Dit%20stoffentransport%20vindt%20plaats%20in,transporteren%20glucose%20naar%2>

Ode%20wortels.&text=Watermoleculen%20die%20daar%20verdampen%20trekken,waterstroom%20van%20wortel%20na

- Boerderij. (2020a). *Doorzaaien grasland is rap terugverdiend*. Geraadpleegd op: 2-12-2020. Opgehaald van: <https://www.boerderij.nl/Rundveehouderij/Achtergrond/2017/8/Doorzaaien-grasland-is-rap-terugverdiend-168978E/#:~:text=Volgens%20Ensing%20heb%20je%20als,meestal%20binnen%20een%20jaar%20terugverdiend.%E2%80%9D&text=De%20kosten%20van%20herinzaaien%20van,tot%20%E2%82%AC%20800%20per%20hectare.>
- Boerderij. (2020b). *Veel vraag naar extra mestopslag*. Geraadpleegd op 14-12-2020. Opgehaald van: <https://www.boerderij.nl/Rundveehouderij/Achtergrond/2020/6/Veel-vraag-naar-extra-mestopslag-604517E/>
- Boerenbusiness. (2018, juli 4). *Anticiperen op periode van droogte via bemesting*. Geraadpleegd op: 18-12-2020. Opgehaald van: <https://www.boerenbusiness.nl/gewastour/artikel/10879142/anticiperen-op-periode-van-droogte-via-bemesting>
- Boonen, J. (2020). *Zeven uitdagingen voor de melkveehouderij*. Geraadpleegd op: 30-9-2020, van: <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2020/09/09/zeven-uitdagingen-voor-de-melkveehouderij>
- Bouma, J. (2020, mei 15). *Grote droogte: akkergrond verstuipt en er verdampt meer dan dat er regen valt*. Geraadpleegd op: 12-10-2020, Opgehaald van: <https://www.trouw.nl/nieuws/grote-droogte-akkergrond-verstuipt-en-er-verdampt-meer-dan-dat-er-regen-valt~bebeb859/>
- Broucek, J., Mihina, S., Ryba, S., Tongel, P. K., & Uhrincat, M. H. (2006). *Effects of high air temperatures on milk efficiency in dairy cows*. Nitra. Research Institute of Animal Production.
- Bussink, W. (2019, augustus 16). *Na droogte grasland zuinig bemesten*. Geraadpleegd op: 29-11-2020. Opgehaald van: <https://www.bemestingsadvies.nl/nl/bemestingsadvies/show/Na-droogte-grasland-zuinig-bemesten.htm>
- Buthler, W., & Smith, R. (1989). *Interrelationships Between Energy Balance and Postpartum Reproductive Function in Dairy Cattle*. Ithaca: Department of Animal Science, Cornell University.
- CBS. (2019, augustus 13). *Grasland; oppervlakte en opbrengst*. Geraadpleegd op: 30-9-2020, van: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/7140gras/table?dl=245AD>
- Crush, J., Nichols, S., & Ouyang, L. (2010). *Adventitious root mass distribution in progeny of four perennial*. New Zealand. Journal of Agricultural.
- De Brabander, D., De Campeneere, S., Ryckaert, I., & Anthonissen, A. (2011). *Melkveevoeding*. Brussel: Vlaamse overheid Departement Landbouw en Visserij.
- De Rensis, F. S. (2003). *Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow - a review*. Parma: Theriogenology.
- De Wit, J., & Van den Beukel, L. (2019, juni 25). *Agrarische en groene sector Factsheet arbeidsmarkt*. Geraadpleegd op: 30-9-2020, van: <https://www.uwv.nl/overuwv/Images/factsheet-agrarisch-groene%20sector-2019.pdf>
- Diaz, H. F., & Bradley, R. S. (2007). *The Hadley Circulation: Present, Past, and Future*. Colorado: Climate Diagnostics Center.
- Dijcker, J., & Van Raalte, S. (2014, augustus 15). *Voorkom pensverzuring bij hittestress: verstrek daarom extra buffer*. Geraadpleegd op: 20-01-2021. Opgehaald van: <https://www.melkvee.nl/artikel/72683-bufferen-bij-hittestress/>

- Dikman, S., Larson, C., De Vries, A., & Hansen, P. J. (2020). *Effectiveness of tunnel ventilation as dairy cow housing in hot climates: rectal temperatures during heat stress and seasonal variation in milk yield*. Florida: Tropical Animal Health and Production volume.
- Dolman, M., Jukema, G., & Ramaekers, P. (2019). *De Nederlandse landbouwexport in 2018 in breder perspectief*. Wageningen: Wageningen Economic Research en het Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Drenth, H. (2009, maart 9). *Vragen in de praktijk over minimale grondbewerking*. Geraadpleegd op: 2-12-2020. Opgehaald van: <https://www.akkerwijzer.nl/artikel/86896-vragen-in-de-praktijk-over-minimale-grondbewerking/>
- Dsv-zaden. (2020, december 28). *Rietzwenkgras*. Geraadpleegd op: 30-11-2020. Opgehaald van: https://www.dsvzaden.nl/apps/gs/Jongste_blad_gerold/met_oortjes/onbehaard/rietzwenkgras.html
- Eurofins. (2014, juni 23). *Zomertip: bemest kali bij op grasland*. Geraadpleegd op: 19-11-2020. Opgehaald van: <https://www.eurofins-agro.com/nl-nl/zomertip-bemest-kali-bij-op-grasland>
- Faber, J., Wösten, H., Bakker, G., Bokhorst, J., Hummelink, E., Laros, I., . . . Van Eekeren, N. (2012). *Droogteresistentie van grasland in de Gelderse Vallei*. Wageningen: Alterra Wageningen UR.
- Farooqui, M. (2019, Juli 17). *How UAE dairy farms ensure heat doesn't dry up milk yield*. Geraadpleegd op: 30-12-2020. Opgehaald van: <https://gulfnnews.com/uae/how-uae-dairy-farms-ensure-heat-doesnt-dry-up-milk-yield-1.65081858>
- ForFarmers. (2019, Juli 15). *Nat dak bij warm weer levert 8°C koelere stal op*. Geraadpleegd op: 4-01-2021. Opgehaald van: <https://www.forfarmers.nl/rundvee/melkvee/nieuws-kennis-en-advies/nat-dak-bij-warm-weer-levert-8c-koelere-stal-op.aspx>
- ForFarmers. (2020). *Vanggewas maisteelt*. Geraadpleegd op: 5-12-2020. Opgehaald van: <https://www.forfarmers.nl/rundvee/melkvee/nieuws-kennis-en-advies/vanggewas-na-mais-in-2020-wat-zijn-de-opties-.aspx>
- Gales, K. (1979). *Effects of Water Supply on Partitioning of Dry Matter Between Roots and Shoots in Lolium perenne*. Journal of Applied Ecology.
- García-Ispuerto, I., López-Gatius, F., Santolaria, P., Yániz, J., Nogareda, C., López-Béjar, M., & De Rensis, F. (2005). *Relationship between heat stress during the*. Barcelona: Theriogenology.
- Garwood, E., Tyson, K., & Sinclair, J. (1979). *Use of water by 6 grass species. 1. Dry-matter yields and*. Journal of Agricultural Science.
- GDDiergezondheid. (2018). *Voorkom hittestress*. Geraadpleegd op: 28-12-2020. Opgehaald van: <https://www.gddiergezondheid.nl/hittestress-rundvee>
- Geisert, Zavy, & Biggers. (1988). *Effect of heat stress on conceptus and uterine secretion in the bovine*. Stillwater: Oklahoma Agricultural Experiment Station.
- Goedbodembeheer. (2018). *Niet Kerende Grondbewerking*. Geraadpleegd op: 15-12-2020. Opgehaald van: <https://www.goedbodembeheer.nl/bodembewerking>
- Haan, J. (2018, juli 19). *Beregenen in de akkerbouw: passen en meten*. Geraadpleegd op: 9-12-2020. Opgehaald van: <https://subsites.wur.nl/nl/show/Beregenen-in-de-akkerbouw-passen-en-meten-1.htm#:~:text=Capillaire%20werking%20betekent%20nalevering%20van,dan%20150%20cm%20beneden%20maaiveld.>
- Hammink, H. (2005). *De grote grassatlas, voedergrassen*. Gennep. Nederland. Eurograss
- Handboek bodem & bemesting. (2020, 12 22). *Effect pH op beworteling, opname, mineralisatie en beschikbaarheid nutriënten*. Geraadpleegd op: 28-12-2020. Opgehaald van:

- <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/pH-en-bekalking/Effect-pH-op-beworteling-opname-mineralisatie-en-beschikbaarheid-nutrienten.htm>
- Handboek, S. (2019). *Handboek snijmais*. Wageningen: Wageningen University & Research. Geraadpleegd op: 15-11-2020. Opgehaald van: <https://www.wur.nl/nl/show/Handboek-Snijmais-2020-alle-hoofdstukken.htm>
- HandboekBodemEnBemesting. (2018). *Type meststoffen en hun werking en efficiëntie*. Geraadpleegd op: 25-11-2020. Opgehaald van: <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Bemesting/Type-meststoffen-en-hun-werking-en-efficiëntie.htm>
- Heeres- v.d. Tol, J., & Plomp, M. (1996). *Onbestendig eiwit balans (OEB) in rantsoen vleesstieren*. Lelystad: Uitgever:Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR).
- Hogenkamp, W. (2017). *Bestendig vet verovert vaste plek in voeding melkkoe*. Geraadpleegd op 20-01-2021. Opgehaald van: <https://www.boerderij.nl/Rundveehouderij/Achtergrond/2017/7/Bestendig-vet-verovert-vaste-plek-in-voeding-melkkoe-162856E/#:~:text=Na%20de%20aanschaffing%20van%20de,pensbestendige%20vetten%20ontdekt%20en%20omarmd.>
- Hogeveen, H., Poelarends, J., Sampimon, O., & Miltenburg, H. (2001). *Heat stress in mild climate: Dutch experiences*. Wageningen: Research institute for animal husbandry.
- Hoving, I. E., & Philipsen, A. P. (1999). *Beregenen op maat op melkveebedrijven*. Lelystad: Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR).
- Hsia, L. (2002). *How to release heat stress from dairy cattle*. Tainan: Taiwan Livestock Research Institute.
- Huiskamp, A. (2020, januari 7). *Jaar 2019, Zeer warm, zeer zonnig en landelijk gemiddeld vrij droog*. Geraadpleegd op: 12-10-2020, van: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2019/jaar#:~:text=Met%20landelijk%20gemiddeld%20783%20mm,nog%20steeds%20niet%20overal%20voorbij.>
- Kendall, P., Verkerk, G. A., Webster, J. R., & Tucker, C. B. (2007). *Sprinklers and shade cool cows and reduce insect-avoidance behavior in pasture-based dairy systems*. Hamilton: Journal of Dairy science.
- Kerbrad, S., & Disenhaus, C. (2004). *A proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows*. Rennes: Applied Animal Behaviour Science.
- Klein Swormink, B. (2020, mei 29). *Pens-pH stabiel houden*. Geraadpleegd op: 10-01-2021. Opgehaald van: <https://www.melkvanhetnoorden.nl/laatste-nieuws/achtergrond/pens-ph-stabiel-houden/#:~:text=Koeien%20maken%20bicarbonaat%20aan%20via,de%20pens%20op%20peil%20blijft.>
- Klimaatinfo. (2020). *Het klimaat van Dubai*. Geraadpleegd op: 14-12-2020. Opgehaald van: <https://klimaatinfo.nl/klimaat/verenigde-arabische-emiraten/dubai/>
- KNMI. (2020, maart 31). *Uitleg over droogte*. Geraadpleegd op: 12-10-2020. Opgehaald van: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/droogte>
- KNMI. (2020). *Historisch verloop neerslagtekort*. Geraadpleegd op: 25-10-2020. Opgehaald van: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/historisch-neerslagtekort>
- KorralKool. (2016). *Keeping your cows cool and happy with corrosion resistant Galvalum® Shell*. Geraadpleegd op: 10-12-2020. Opgehaald van: <https://www.korralkool.com/kk1>
- Krist, G., & Snijders, i. P. (1987). *Berekening van grasland op zandgrond en rivierklei*. Lelystad: Proefstation voor de rundveehouderij, schapenhouderij, en paardenhouderij (pr).

- Kutschera, L., Lichtenegger, E., & Sobotik, M. (2009). *Wurzelatlas der Kulturpflanzen gemässiger Gebiete mit Arten des Feldgemüsebaues*. DLG-Verlag GmbH.
- KWS. (2020). *Zorg voor vlotte, goede kieming van gezaaide mais*. Geraadpleegd op: 20-12-2020. Opgehaald van: <https://www.boerderij.nl/Rundveehouderij/Partner/2020/4/Zorg-voor-vlotte-goede-kieming-van-gezaaide-mais-572838E/>
- Leemans, P. H. (2016, september 28). *10 zaken die we zeker van klimaatverandering gaan merken*. (NPO Radio 1, Interviewer)
- Legrand, A., Schütz, K. E., & Tucker, C. B. (2011). *Using water to cool cattle: Behavioral and physiological changes associated with voluntary use of cow showers*. California: American Dairy Science Association.
- Limagrain. (2019, oktober 23). *De lessen van maisseizoen 2019*. Geraadpleegd op: 22-12-2020. Opgehaald van: <https://www.melkvee.nl/artikel/223495-de-lessen-uit-maisseizoen-2019/>
- Luske, B., Deru, J., Wösten, H., Faber, J., & Van Eekeren, N. (2012). *Beworteling van grasland en droogtetolerantie*. Bunnik: Louis Bolk instituut.
- Marcillac-Embertson, N., Robinson, P., Fadel, J., & Mitloehner, F. (2009). *Effects of shade and sprinklers on performance, behavior, physiology, and the environment of heifers*. Davis: Journal of Dairy Science.
- McNamara, O'Mara, & Rath, M. (2003). *Effects of Different Transition Diets on Dry Matter Intake, Milk Production, and Milk Composition in Dairy Cows*. Cork: American Dairy Science Association.
- Melkvee. (2019). *Hittestress in de grasmatt*. Geraadpleegd op: 2-12-2020. Opgehaald van: <https://www.melkvee.nl/artikel/213167-hittestress-in-de-grasmatt/>
- Melkveebedrijf. (2018, mei 18). *Broeieremming met zuren; koud, fris en smakelijk voer*. Geraadpleegd op: 12-01-2021. Opgehaald van: <https://www.melkveebedrijf.nl/melkveebedrijf/melkproductie/broeieremming-met-zuren-koud-fris-en-smakelijk-voer/>
- Merton, Roos, D., Mullart, Ruigh, D., Kaal, Vos, & Dieleman. (2003). *Factors affecting oocyte quality and quantity in commercial application of embryo technologies in the cattle breeding industry*. Arnhem: Theriogenology.
- Meteoblue. (2020, december 30). *Klimaat Amsterdam*. Geraadpleegd op: 3-11-2020. Opgehaald van: https://www.meteoblue.com/nl/weer/historyclimate/climatemodelled/amsterdam_nederland_2759794
- Mons, G. (2020, maart 3). *Mestkelders steeds voller, maar loonwerker kan het land niet op*. Geraadpleegd op: 9-12-2020. Opgehaald van: <https://www.pigbusiness.nl/artikel/239279-mestkelders-steeds-voller-maar-loonwerker-kan-het-land-niet-op/>
- NieuweOogst. (2018, Maart 9). *Pensverzuring: heeft jouw rundvee er ook last van?* Geraadpleegd op: 4-01-2021. Opgehaald van: <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2018/03/09/pensverzuring-heeft-jouw-rundvee-er-ook-last-van>
- NRC. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Oegema, M. (2019, mei 8). *Levende gisten ondersteunen pensfermentatie bij vleesvee*. Geraadpleegd op: 4-01-2021. Opgehaald van: <https://www.agrifirm.nl/nieuws/levende-gisten-ondersteunen-pensfermentatie-bij-vleesvee/#:~:text=Daarnaast%20vangen%20levende%20gisten%20zuurstof,betere%20ruwvoerbenutting%20in%20de%20pens.>
- Ortiz, X. A. (2007). *Korral Kool systems in desert environments*. Kansas: B. S. Kansas State University.

- Ortiz, X., Smith, J., Bradford, B., Harner, J., & Oddy, A. (2011). *Effect of complementation of cattle cooling systems with feedline soakers on lactating dairy cows in a desert environment*. Manhattan: Journal of Dairy science.
- Powell, L. (1977). *Effect of phosphate fertilizer and plant density on phosphate inflow into ryegrass roots in soil*. Hamilton: Plant and soil.
- Praktijknetwerknietkerendgrondbewerking. (2015). *Uitkomsten en kennisopbouw in de praktijk na drie jaar Praktijknetwerk NKG*. Praktijknetwerk Niet kerende grondbewerking.
- Rhoads, M. L., Rhoads, R., Van Baale, M. J., Collie, R., Sanders, S. R., Weber, W., . . . Baumgard, L. H. (2009). *Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin*. Journal of Dairy Science.
- Rijkers, J. (2019, juli 24). *Voorkom hittestress bij koeien: 's nachts pas de wei in*. Geraadpleegd op: 30-12-2020. Opgehaald van: <https://www.gelderlander.nl/home/voorkom-hittestress-bij-koeien-s-nachts-pas-de-wei-in~aaef7b94/>
- Rongen, R. (2019, juli 10). *Hittestress bij koeien beperken: vernevelen of besproeien?* Low stress stockmanship Europe. Geraadpleegd op: 7-01-2021. Opgehaald van: <https://www.stockmanship.eu/2019/07/10/hittestress-bij-koeien-beperken-vernevelen-of-besproeien/>
- Rozendaal, J. (2019). *Hittegolf kost naast melk ook voeropname en vruchtbaarheid*. Geraadpleegd op 12-10-2020. Opgehaald van: <https://edepot.wur.nl/501825>
- Rundveeloket. (2018). *Welk maïsras past best bij mijn melkveerantsoen?* Geraadpleegd op: 3-01-2021. Opgehaald van: <https://www.rundveeloket.be/kenniscentrum/ruwvoerwinning/ma%C3%AFs/rassenkeuze>
- RVO. (2020, september 21). *Vanggewas na maïs*. Geraadpleegd op: 4-01-2021. Opgehaald van: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest/vanggewas-na-mais>
- Samer, M. (2010). *Adjusting Dairy Housing in Hot Climates to Meet Animal Welfare Requirements*. Giza, Egypt: Agricultural Engineering Department, Faculty of Agriculture, Cairo University.
- Scheu, S. (2003). *Effects of earthworms on plant growth: patterns and perspectives*. Darmstadt: Pedobiologia.
- Schils, R. L. (1992). *Stikstofwerking van verdunde drijfmest op grasland*. Wageningen: Wageningen Universiteit & Researchcentrum.
- Schneider, P., Beede, D. K., Wilcox, J., & Collier, R. (1984). *Influence of Dietary Sodium and Potassium Bicarbonate and Total Potassium on Heat-Stressed Lactating Dairy Cows*. Gainesville: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Selten, F. (2018, april 3). *Droogte verschuift poolwaarts*. Geraadpleegd op: 25-10-2020, van: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/droogte-verschuift-poolwaarts>
- Sluiter, R., Plieger, M., & Van Oldenborgh, G. J. (2018). *De droogte van 2018, een analyse van het potentiële neerslagtekort*. De Bilt. Geraadpleegd op: 20-10-2020. Opgehaald van: <http://bibliotheek.knmi.nl/weerbrochures/droogterapport2018.pdf>
- Smid, R. (2019, Juli 24). *Hittestress: siësta voor koeien - alleen 's ochtends en 's avonds naar buiten*. Geraadpleegd op: 2-12-2020. Opgehaald van: <https://www.lc.nl/friesland/Hittestress-si%C3%ABsta-voor-koeien-alleen-s-ochtends-en-s-avonds-naar-buiten-24677504.html>
- Stevens, R. (2021). *Vaker lucht via de zijkanten binnen*. Geraadpleegd op: 13-01-2021. Gevonden in: <https://www.abbi-aerotech.com/wp-content/uploads/2021/01/Dwarsventilatie-in-vakblad-de-Boerderij.pdf>

- Stokkers, R., Prins, H., Jager, J., & Asseldonk, v. M. (2018). *Effecten van droogte en hitte op inkomens land- en tuinbouw*. (2018). Wageningen. Wageningen Economic Research. Geraadpleegd op: 12-10-2020, van: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2018/11/23/effecten-droogte-en-hitte-op-inkomens-land-en-tuinbouw>
- Tamminga, S., Van Vuuren, A., & Van der Koelen, C. (1978). *De betekenis van pensfermentatie bij herkauwers*. Lelystad: Instituut voor veevoedingsonderzoek "Hoorn".
- Timmerman, M., Reenen, K. v., Holster, H., & Evers, A. (2018). *Verkennde studie naar hittestress bij melkvee tijdens weidegang in gematigde klimaatstreken*. Wageningen: Wageningen Livestock research. Geraadpleegd op: 20-10-2020, van: <https://edepot.wur.nl/460412>
- Tönjes, J. (2016). *Maïs met coating van mycorrhizaschimmels ontwikkelt beter*. Geraadpleegd op: 19-01-2021. Opgehaald van: <https://www.melkvee.nl/artikel/62846-mais-met-coating-van-mycorrhizaschimmels-ontwikkelt-beter/>
- Tucker, C. B., Rogers, A., Verkerk, G., Kendall, P., Webster, J., & Matthews, L. (2007). *Effects of body condition and shelter on the behaviour and physiology of dairy cattle in winter*. Hamilton: Applied Animal Behaviour Science.
- Tucker, C., Rogers, A. R., & Schütza, K. (2008). *Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system*. Hamilton, New Zealand: Applied animal behaviour science.
- Van den Broek, D., & Huirne, J. (2020, juni 15). *Lente 2020 recordzonnig, droog en zeer warm*. Geraadpleegd op: 18-10-2020. Opgehaald van: <https://www.weer.nl/nieuws/2020/lente-2020-recordzonnig-droog-en-zeer-warm/>
- Van der Bolt, F., Cornelis, W., De Pue, J., Hendriks, R., Van den Akker, J., Massop, H., . . . Vos, J. (2016). *Bodemverdichting in Vlaanderen*. Wageningen: Alterra Wageningen UR.
- Van der Horst, K. (2014). *'Rij geen dierlijke mest uit op gras'*. Geraadpleegd op: 12-12-2020. Opgehaald van: <https://www.boerderij.nl/Rundveehouderij/Nieuws/2014/8/Rij-geen-dierlijke-mest-uit-op-gras-1579518W/#:~:text=Door%20de%20langere%20nawerking%20van,hoger%20door%20de%20hoge%20bodemtemperatuur.>
- Van der Knaap, J. (2012). *Hittestress verandert metabolisme van de koe*. Geraadpleegd op: 9-01-2021. Opgehaald van: <https://edepot.wur.nl/213903>
- Van der Schoot, J., & Van Dijk, W. (2002). *Zaadbehandeling van snijmaïs met Trichoderma*. PPO-projectrapport nr 110156.
- Van Duinkerken, G., André, G., De Haan, M., Hollander, C., & Zom, R. (2007). *De voederconversie van melkvee*. Lelystad: Animal Sciences Group .
- Van Eekeren, N., & Bokhorst, J. (2009). *Beoordeling bodemkwaliteit zandgrond*. Driebergen: Louis Bolk Instituut.
- Van Eekeren, N., Deru, J., Lenssinck, F., & Bloem, J. (2016). *Bodemkwaliteit op veengrond, Effecten van drie maatregelen op een rij*. Driebergen: Louis Bolk Instituut.
- Van Laarhoven, G. (2003). *Vanggewas voor snijmaïs: Oogsten of niet?* Geraadpleegd op: 9-1-2021. Opgehaald van: <https://edepot.wur.nl/34101>
- Van Mondfrans, J. (2001, NR. 5). *Het begrip pH-waarde: "pH (potentiaal Hydrogenium) van de bodem."*. Geraadpleegd op: 15-12-2021. Opgehaald van: <https://edepot.wur.nl/273345>

- Veauthier, G. (2017, december 5). *14.000 koeien melken in de woestijn van Qatar*. Geraadpleegd op: 28-12-2020. Opgehaald van: <https://www.vakbladelite.nl/2017/12/05/14-000-koeien-melken-in-de-woestijn-van-qatar/>
- Veeteelt. (2014, Augustus 20). *Dierlijke mest uitrijden nu niet zinvol*. Geraadpleegd op: 5-12-2020. Opgehaald van: <https://veeteelt.nl/nieuws/dierlijke-mest-uitrijden-nu-niet-zinvol>
- Veeteelt. (2016, juni). *Hogere drogestofopname door meer voermomenten*. Geraadpleegd op: 18-11-2020. Opgehaald van: <https://veeteelt.nl/nieuws/hogere-drogestofopname-door-meer-voermomenten#:~:text=Door%20koeien%20vaker%20te%20voeren,positieve%20invloed%20op%20de%20melkproductie.>
- Veeteelt. (2018, Juli 31). *Droogte stuwt prijzen ruwvoer op*. Geraadpleegd op: 2-10-2020. Opgehaald van: <https://veeteelt.nl/nieuws/droogte-stuwt-prijzen-ruwvoer-op>
- Veeteelt. (2019). *Mais beregenen tijdens bestuiving kan leiden tot slechte kolven*. Geraadpleegd op: 29-11-2020. Opgehaald van: <https://veeteelt.nl/nieuws/mais-beregenen-tijdens-bestuiving-kan-leiden-tot-slechte-kolven>
- Veeteelt. (2020, juni 25). *Video: Vanggewas onderzaaien voordat de maisrijen sluiten*. Geraadpleegd op: 22-11-2020. Opgehaald van: <https://veeteelt.nl/nieuws/video-vanggewas-onderzaaien-voordat-de-maisrijen-sluiten>
- Verhoeff, T. (2016, Oktober 13). *Herfstgras weiden, zolang het kan*. Geraadpleegd op: 20-11-2020. Opgehaald van: <https://www.verantwoordeveehouderij.nl/show/Herfstgras-weiden-zolang-het-kan.htm>
- Wheelock, J. B., Rhoads, R. P., Van Baale, M. J., Sanders, S. R., & Baumgard, L. H. (2010). *Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows*. Journal of Dairy Science.
- WUR (2020, december 2). *Niet kerende grondbewerking over niet kerende*. Geraadpleegd op: 4-12-2020. Opgehaald van: https://www.youtube.com/watch?v=74o_yYLR1uE
- Zwart, K., Kikkert, A., Wolfs, A., Termorshuizen, A., & Van der Burgt, G. J. (2013). *Tien vragen en antwoorden over organische stof*. Wijster. Geraadpleegd op: 6-12-2020. Opgehaald van: <https://edepot.wur.nl/272641>