



Application Centre for Renewable Resources

ACRRES

een Wageningen UR initiatief

Vergisten van lelie- en tulpenresten

Auteurs:

Durk Durksz - Biogas coördinator

Acres Wim van Dijk - PPO



Vergisten van lelie- en tulpenresten

Durk Durksz - Biogas coördinator Acrres
Wim van Dijk - PPO

© 2014 Wageningen, ACRRES – Wageningen UR -

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van ACRRES-Wageningen UR.

ACRRES – Wageningen UR is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Projectnummer: 3250255500

Dit project is tot stand gekomen dankzij:



“ Europees Landbouwfonds voor
Plattelandsontwikkeling: Europa
investeert in zijn platteland ”



ACRRES – Wageningen UR

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 29 11 11
Fax : 0320 - 23 04 79
E-mail : info@acrres.nl
Internet : www.acrres.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING EN DOEL VAN HET ONDERZOEK.....	7
2	DE ACRRES-VERGISTER.....	9
3	BURGER LELIES EN TULPEN BV	11
4	OOGSTEN EN SCHONEN LELIE- EN TULPENRESTEN.....	13
5	PROEF LELIERESTEN.....	17
5.1	Opslag en voeren van lelieresten.....	17
5.2	Proefopzet en -uitvoering.....	18
5.3	Resultaten	20
5.3.1	Ervaringen	20
5.3.2	Gasproductie co-vergistingsproef	22
5.3.3	Resultaten aanvullend labonderzoek.....	23
5.4	Conclusies en aanbevelingen.....	25
6	PROEF TULPENRESTEN.....	28
6.1	Opslag en voeren tulpenresten	28
6.2	Proefopzet en -uitvoering.....	28
6.3	Resultaten	29
6.3.1	Ervaringen	29
6.3.2	Gasproductie co-vergistingsproef	30
6.3.3	Resultaten aanvullend labonderzoek.....	31
6.4	Conclusies en aanbevelingen.....	32
BIJLAGE 1	GEHALTEN ZWARE METALEN EN MICROVERONTREINIGINGEN VERSE LELIERESTEN	34
BIJLAGE 2	GEHALTEN ZWARE METALEN EN MICROVERONTREINIGINGEN VERSE TULPENRESTEN.....	36



Samenvatting

In opdracht van Burger Lelies en Tulpen BV zijn vergistingsproeven uitgevoerd met bloembolresten. Er zijn proeven uitgevoerd met resten van zowel lelie als tulp. Bij de lelieresten is gekeken naar zowel vers als ingekuild materiaal. Bij beide gewassen betrof het schoningsafval dat ontstaat bij de verwerking van de geogste bollen.

De proeven zijn uitgevoerd met de vergister van Acres. Bij de lelieproeven bedroeg het aandeel bloembolresten in de voeding 25-30%. Daarnaast bestond het rantsoen uit circa 40% runderdrijfmest, 15-20% voerresten uit de melkveestal en 10-15% overige producten (o.a. snijmais). Bij de tulpenproef is door een verstopping bij de mesttoevoer vrijwel geen mest aangevoerd. Het rantsoen bestond gemiddeld uit 35% tulpenresten, 35% snijmais, 25% voerresten en 5% rundermest. Doordat de gasproductie van mest, voerresten, snijmais en overige producten bekend is, kan uit de totale productie die van bloembolresten worden afgeleid.

De vergister heeft een doorlooptijd van circa 40 dagen. Het betreft een mesofiele vergisting (circa 38 °C).

Bij de tulpenrestenproef moet worden benadrukt dat door de beperkte hoeveelheid beschikbaar materiaal de meetperiode slechts drie weken heeft geduurd, terwijl, zoals bij de lelieproeven, zes weken waren gepland. De resultaten moeten daarom slechts als indicatief worden gezien.

De gasproductie van de verse en ingekuilde lelieresten bedroeg gemiddeld 95 en 110 m³ biogas per ton vers materiaal. Per ton droge stof was dit 455 en 520 m³ biogas per ton. Het inkuilen heeft geen negatief effect gehad op de vergisting. De gasproductie van de tulpenresten bedroeg gemiddeld 250 m³/ton. Dit was ruim twee keer zo hoog als de productie van lelieresten. Deels hangt dit samen met het hogere drogestofgehalte van tulpenresten (38% tegenover 21% voor lelieresten), maar ook per ton drogestof was de gasproductie hoger (655 m³/ton).

Het methaangehalte van het gas werd bij de lelieproeven niet duidelijk beïnvloed door het meevergisten van het leliemateriaal. Bij de tulpenproef was de proefduur te kort om hierover een uitspraak te doen.

Zowel bij de lelie- als de tulpenresten zijn geen storende effecten opgetreden bij de invoer en de vergisting. Er waren drijfslagen verwacht, maar dat was niet het geval. Wel waren er bij de tulpenresten bij het verpompen van het digestaat problemen met verstoppingen in de pomp. Hier bleken onverteerde tulpenresten mede de oorzaak van te zijn.

Het inkuilen van de lelieresten is goed verlopen. De kuil is luchtdicht afgedekt met landbouwplastic. Er was geen sprake van broei. Wel waren de bolletjes uitgelopen bij het uithalen.

In vergelijking met verse lelieresten is het stikstof-, fosfaat- en kaligehalte bij tulpenresten wat hoger: respectievelijk 5.1 g N/kg, 1.7 g P₂O₅/kg en 5.6 g K₂O/kg voor tulpenresten tegenover 2.5 g N/kg, 0.9 g P₂O₅/kg en 4.2 g K₂O/kg voor lelieresten. Met tulpenresten worden met eenzelfde hoeveelheid verse massa dus meer mineralen aangevoerd.

Voor de bemesting is tevens de N/P-verhouding van de co-producten van belang. Deze was voor lelie- en tulpenmateriaal respectievelijk 2,9 en 3,0 en was redelijk vergelijkbaar met de N/P-verhouding van andere co-producten.

Er zijn tevens analyses gedaan op zware metalen en micro-verontreinigingen. Nergens werd de maximaal toegestane norm overschreden. In de meeste gevallen lagen de gehalten onder de detectiegrens.

1 Inleiding en doel van het onderzoek

Nederland is een bloembollenland bij uitstek. De belangrijkste gewassen zijn tulp en lelie. Bij het sorteren en het schonen van de geogste bloembollen komen gewasresten vrij. Deze resten worden op dit moment gecomposteerd of tegen betaling afgevoerd. Door de resten in te zetten bij co-vergisters kan er duurzame groene energie mee worden geproduceerd. Op deze manier kan meegewerkt worden aan de doelstelling die Nederland heeft om haar energiegebruik te vergroenen en minder afhankelijk te zijn van fossiele energie. Tevens wordt de CO₂-uitstoot gereduceerd. Voor bloembollenbedrijven krijgt het afval zo een positieve waarde.

In opdracht van Burger Lelies en Tulpen BV te Espel heeft ACRRES in haar onderzoeksvergister aan de Runderweg te Lelystad de biogaspotentie van lelieresten (vers en ingekuuld) en van tulpenresten (vers) bepaald. Hierbij is gekeken naar de vergistbaarheid en de biogasopbrengst. Om de biogaspotentie te bepalen zijn de lelieresten als co-vergistingsmateriaal toegevoegd aan het basisrantsoen van de vergister. Naast de proef met de praktijkvergister zijn tevens een aantal labtesten uitgevoerd met betrekking tot de gasproductie.

Het onderzoek maakt deel uit van het project Valorisatie bloembolreststromen door vergisten. Dit project wordt gefinancierd door de Provincie Flevoland.



2 De ACRRES-vergister

ACRRES in Lelystad is het landelijk centrum voor toegepast onderzoek naar opwekking van duurzame energie (zon, wind en biomassa). Ook wil het centrum toepassingen realiseren om groene grondstoffen maximaal te benutten en kringlopen te sluiten. De complexe biobased wereld moet voor iedereen toegankelijk worden. Het onderzoek wordt zo veel mogelijk in samenwerking met het bedrijfsleven, maatschappelijke instanties, overheden en onderwijs uitgevoerd.

De ACRRES-vergistingsinstallatie bestaat uit een vergister en een navergister. Beide hebben een inhoud van circa 500 m³. De vergister en de navergister zijn volledig geroerde vergisters. Het biogas wordt opgevangen onder het gasdak boven de vergister en verbrand in een warmte kracht koppeling (WKK). Deze motor drijft een generator met een vermogen van circa 120 kW aan. De warmte uit rookgassen en koelwater wordt gebruikt om de vergister op temperatuur te houden en de restwarmte wordt gebruikt voor verwarming van de bio-ethanol installatie en de algenvijvers. De vergister werkt in het mesofiele temperatuursgebied (\pm 38 graden °C).



Foto 1; ACRRES-vergister Lelystad (links vergister en rechts navergister).

De voeding van de vergister bestaat uit 50% runderdrijfmest en 50% co-producten. Dagelijks wordt het te vergisten co-vergistingsmateriaal met een shovel in de doseerbak gebracht. Het materiaal wordt automatisch meerdere keren per dag aan de vergister toegevoegd. De verblijftijd in de vergister is ruim 40 dagen. Daarbij wordt organische stof door bacteriën omgezet in biogas. Dit biogas bestaat grotendeels uit methaan (50-55%) en kooldioxide (45-50%) en uit kleine hoeveelheden andere gassen. Na vergisting wordt het mengsel (digestaat) in de mestzak opgeslagen, voordat het voor de bemesting wordt gebruikt op het bedrijf.



3 Burger Lelies en Tulpen BV

Burger Lelies en Tulpen BV (hierna Burger genoemd) is een modern toekomstgericht bloembollenbedrijf, dat gespecialiseerd is in de teelt en bewaring van lelie- en tulpenbollen. Het bedrijf teelt 80 ha lelies en 30 ha tulpen, verspreid over meerdere teeltgebieden, waaronder Noord-Holland, Noord-Limburg, Noord-Brabant, Noordoostpolder en Bordeaux (F).

Burger is gespecialiseerd in de teelt van tulpen en lelies in het zwaardere broeierij assortiment. Het bedrijf wordt gerund door Kees, Pieter en Geert Burger. Samen met een team van 8 vaste medewerkers streven zij naar het afleveren van de beste kwaliteit voor hun afnemers. Met verschillende maatregelen in de teelt (o.a. dun planten en rijp rooien) wordt er een zo goed mogelijke productkwaliteit nagestreefd.



Foto 2; Het bedrijf van Burger in Espel



Foto 3

Burger heeft twee verwerkingslocaties, één in Valkkoog en één in Espel. De lelie- en tulpenresten die bij ACRRES vergist worden, zijn afkomstig van de locatie Espel.



Foto 4; Teeltveld lelies



4 Oogsten en schonen lelie- en tulpenresten

De lelies worden in het late najaar geoogst van percelen uit Flevoland en uit andere delen van Nederland. Het materiaal dat geoogst wordt bevat de bollen, stelen en het wortelstelstel. Na aankomst op het bedrijf van Burger wordt het geoogste materiaal op de schonings- en verwerkingslijn verwerkt. Hier wordt het gereinigd van gronddelen. Na het reinigen gaat het de verwerkingslijn in. De wortelresten en de te kleine bollen worden verwijderd. Dit zijn de lelieresten die voor de proef gebruikt zijn.

De tulpen worden in de zomer geoogst. Na de oogst worden de geoogste bollen eerst gedroogd. Daarna worden ze geschoond waarbij wortels en oude huiden worden verwijderd. Na het schonen worden ze op maat gesorteerd. Het vergiste afval bestond uit het schonings- en sorteerafval.



Foto 5; Overzicht in de sorteerhal van Burger



Foto 6; Lelieresten na de sorteerlijn, dit materiaal wordt vergist



Foto 7; Deel van de sorteerlijn van Burger



Foto 8; Medewerkers van Burger aan de sorteerlijn



Foto 9; Alles is geordend bij Burger



5 Proef lelieresten

5.1 Opslag en voeren van lelieresten

De lelieresten zijn vervoerd naar de ACRRES locatie waar ze opgeslagen zijn in een open sleufsilos. Voor de proef met het verse materiaal is de silo niet afgedekt. Eens per drie weken is een verse partij lelieresten aangevoerd. Het drogestofgehalte van de aangevoerde partijen wisselde sterk. Van de eerste partij is geen droge stofmonster genomen. Uit de partij liep veel lekwater, dat opgevangen is in de opvangput en afgevoerd is naar de mestopslag. De partijen die daarna gebracht zijn, waren zichtbaar aanzienlijk droger. Van deze partijen is wel een droge stofmonster genomen. De uitslagen zijn in dit rapport vermeld.

Naast de proef met het verse materiaal is er ook een proef uitgevoerd met ingekuild materiaal. De hiervoor gebruikte lelieresten zijn wel afgedekt met landbouwplastic, zodat het conserveringsproces goed kon verlopen.

Tijdens het voeren van de lelieresten in de vergister is enkele malen een droge stofmonster genomen. Dit is gedaan bij zowel het verse als ingekuilde materiaal.

Het materiaal is aan de vergister gevoerd zonder enige voorbereiding.

Verwachtingen

De lelieresten hebben bevatten naast een beperkte hoeveelheid bollen vooral het wortelstelsel van de lelieplant. De verwachting is dat het drogestofgehalte niet al te hoog zal zijn en ook nogal kan wisselen, voornamelijk afhankelijk van meer of minder bollen in de resten. De verwachting is dat het drogestofgehalte van de ingekuilde lelieresten iets hoger en constanter zal zijn. Ook omdat het product afgedekt is met plastic, waardoor de regen geen invloed heeft op het droge stofgehalte.



Foto 10; Opslag verse lelieresten

5.2 Proefopzet en -uitvoering

De proef bestond uit twee delen: eerst vergisting van vers aangevoerde lelieresten en aansluitend vergisting van ingekuilde lelieresten. De opzet van beide proeven is identiek.

De lelieresten zijn toegevoegd aan het bestaande rantsoen van de vergister. Van de ingrediënten die in het bestaande rantsoen zitten, zijn de biogasopbrengsten voor vergisting bekend. De toevoeging van lelieresten in de vergister zorgt voor een wijziging in de biogasopbrengst en mogelijk het CH_4 -gehalte. Deze wijzigingen kunnen toegeschreven worden aan de lelieresten. De vergister heeft een doorlooptijd van circa 40 dagen. Dit houdt in dat een proefperiode 6 weken duurt. De laatste twee weken van deze periode zal de inhoud van de vergister nagenoeg constant zijn. De gegevens uit deze periode zijn gebruikt voor de berekeningen van de hoeveelheid biogas uit de lelieresten.

In Tabel 1 is het geplande en gerealiseerde rantsoen van de beide proeven weergegeven.

Tijdens de proeven is ernaar gestreefd zoveel mogelijk te voeren volgens planning. Voor de proef met de verse lelieresten is dat goed gelukt. Er is een kleine afwijking: er zijn iets meer voerresten en er is iets minder rundermest gevoerd. De verschillen zijn klein en hebben geen invloed op de proef gehad. Bij de proef met de ingekuilde lelieresten is er een afwijking in de hoeveelheid mest en ingekuilde lelieresten. Dit heeft op zich geen invloed gehad op de proefopzet, wel is de proefduur, doordat er meer ingekuilde lelieresten zijn gevoerd, een week korter geweest dan gepland.

Bij beide proeven was het aandeel runderdrijfmest in het rantsoen lager dan 50% (bijna 40%). Voor de proef maakt dat niet uit. Wel is het zo dat een aandeel van 50% is vereist om het digestaat als meststof te mogen gebruiken. Op jaarbasis werd in de Accres-vergister een aandeel van minimaal 50% wel gehaald.

Tabel 1. Gerealiseerde en geplande rantsoen (kg/dag) van de vergister bij lelieresten (vers en ingekuild).

Product	Lelieresten, vers		Lelieresten, ingekuild	
	Geplande invoer (kg)	Gerealiseerde invoer (kg)	Geplande invoer (kg)	Gerealiseerde invoer (kg)
Lelieresten	2.000	2.045	2500	3553
Maiskorrel	500	403	500	732
Snijmais	200	347	1000	929
Lysine	200	187	200	115
Voerresten	2.000	2.303	1500	1892
Runderdrijfmest	3.500	3.258	3500	4664
Totaal invoer per dag	8.400	8.543	9200	11885



Foto 11; Vullen van de voerbak van de ACRRRES-vergister

5.3 Resultaten

5.3.1 Ervaringen

Verse lelieresten

De verse lelieresten zijn aangevoerd en in de open lucht bewaard. De eerste vracht die aangevoerd is, was erg nat en er liep gelijk al perssap uit. Het drogestofgehalte van de eerste aangevoerde partij is niet onderzocht. Deze partij is in de voorperiode gevoerd en er zijn geen metingen mee verricht. De tweede partij was duidelijk droger. Het drogestofpercentage is in duplo bepaald. De beide monsters hadden een drogestofgehalte van resp. 19,2 en 22,7%, gemiddeld: 20,95%.

Het uithalen van de lelieresten uit de opslag verliep uitstekend, ondanks dat de wortelresten sterk in elkaar verstrengeld waren. Ook in de in de invoerbak en de vizels gaf het geen enkel probleem. Op voorhand was verwacht dat de menging in de vergister niet optimaal zou zijn. Ook werden drijfslagen verwacht. Het tegendeel was echter waar: Er waren geen drijfslagen in de vergister te zien en de menging verliep goed.



Foto 12; Lelieresten vers in de opslagsilo bij ACRRES



Foto 13; Detailfoto van de lelieresten

Ingekuilde lelieresten

Ook van de ingekuilde lelieresten is het drogestofgehalte bepaald (in duplo). Het ds-% van deze bepalingen bedroeg: 22,1 en 21,2%, gemiddeld: 21,65%.

De ingekuilde lelieresten waren met landbouwplastic luchtdicht afgedekt. Bij het uithalen waren de bollen inmiddels uitgelopen (zie foto). Het ingekuilde materiaal was niet warm geworden. Er zijn geen broeiverliezen opgetreden.

Het uithalen van de ingekuilde lelieresten en het voeren en mixen gaf geen problemen. Er zijn geen drijfslagen ontstaan in de beide vergisters.



Foto 14; Ingekuilde lelieresten na verwijdering van het afdekplastic

5.3.2 Gasproductie co-vergistingsproef

Verse lelieresten

De resultaten van de proef met de verse lelieresten zijn weergegeven in tabel 2. De eerste drie weken waarin de lelieresten gevoerd werd, zijn buiten beschouwing gelaten. Dit is de overgangperiode tussen het oude en nieuwe rantsoen. Gedurende 3 weken (week 4 t/m 6) zijn de meetgegevens verwerkt, deze staan vermeld in de tabel.

Tabel 2. Resultaten co-vergistingsproef Lelieresen vers

Week nr.	CH4 gehalte (%)	Temperatuur vergister (°C)	Biogas opbrengst (gemiddeld) (m³/ton)
4	55,8	35,9	
5	56,1	37,0	
6	53,8	38,9	

95

De hoeveelheid biogas bedroeg gemiddeld 95 m³ per ton ingevoerd leliemateriaal, bij een gemiddeld droge stofgehalte van 20,95%.

Het methaangehalte in het biogas heeft geen wezenlijke wijziging ondergaan. Aanvankelijk liep het gehalte iets op terwijl het in de laatste meetweek weer wat daalde.

De temperatuur in de vergister is iets opgelopen, maar blijft binnen de range van mesofiele vergisting.

Het H₂S-gehalte was in het voortraject en tijdens de eerste weken van de proefperiode sterk verhoogd. Dit kwam door de toevoeging van lysine aan het rantsoen. Na het toevoegen van ijzerslib is het H₂S-gehalte weer sterk gedaald. De invloed van lelieresten op het H₂S-gehalte was door deze sterke wisseling niet te bepalen.

Ingekuilde lelieresten

De resultaten van de proef zijn weergegeven in tabel 3. Ook hier zijn weer de eerste drie weken waarin de lelieresten gevoerd werden, buiten beschouwing gelaten vanwege de overgangperiode in rantsoen. De proefperiode was korter dan bij de verse lelieresten. De hoeveelheid ingekuilde lelieresten was beperkt en de hoeveelheid die per dag gevoerd werd, was iets hoger dan gepland, waardoor de proefperiode een week korter duurde. Vandaar dat er van twee weken meetgegevens zijn (week 4 en 5).

Tabel 3. Resultaten co-vergistingsproef Lelieresten ingekuuld

Week nr.	CH ₄ gehalte (%)	Temperatuur vergister (°C)	Biogas opbrengst (gemiddeld) (m ³ /ton)
4	56,4	38,3	
5	57,0	38,1	
			112

De hoeveelheid biogas bedroeg gemiddeld 112 m³ per ton ingevoerd leliemateriaal, bij een gemiddeld droge stofgehalte van 21,65%.

Het methaangehalte in het biogas heeft geen wezenlijke wijziging ondergaan.

De temperatuur in de vergister is gelijk gebleven.

Ook in deze proef kon het effect van lelieresten op het H₂S-gehalte niet worden bepaald. Zoals eerder aangegeven heeft dit te maken met de aanwezigheid van lysine in het rantsoen, waardoor het gehalte relatief sterk varieerde.

5.3.3 Resultaten aanvullend labonderzoek

Samenstelling producten

Drogestof, organische stof en mineralen

In Tabel 4 is de samenstelling van de verschillende producten weergegeven. Het betreft steeds een gemiddelde van een duplo-bepaling. Per proef is het leliemateriaal twee keer bemonsterd, de overige producten één keer (in de meetperiode).

Het drogestofgehalte van de lelieresten varieerde aanzienlijk en liep uiteen van 12 tot 24% bij het verse materiaal en 19 tot 24% bij het ingekuilde materiaal. Het aandeel organische stof in de droge stof bedroeg gemiddeld 88% voor de verse lelieresten en 76% voor het ingekuilde materiaal. In vergelijking met de andere gebruikte co-producten is het aandeel organische stof wat lager, met name bij de ingekuilde lelieresten.

In vergelijking met de andere co-producten bevatten de lelieresten wat minder mineralen. Dat zal deels samenhangen met het lagere droge stofgehalte. Opvallend is het lagere kaligehalte bij het ingekuilde materiaal. Dit is mogelijk een gevolg van verliezen gedurende de inkuilperiode.

Voor de bemesting is de N/P-verhouding van de co-producten van belang. Deze bepaalt mede de N/P-verhouding van het digestaat en daarmee hoeveel maximaal kan worden toegediend binnen de gebruiksnormen (stikstofgebruiksnorm dierlijke mest en fosfaatgebruiksnorm). In het algemeen is een hogere N/P-verhouding gunstig, omdat

dan binnen de gebruiksnormen meer digestaat kan worden gebruikt. Uit tabel 4 blijkt dat de N/P-verhouding van lelieresten 2.9 bedroeg voor het verse materiaal en 2.4 voor het ingekuilde materiaal. Dit was redelijk vergelijkbaar met die van de in de ACRRES-vergister gebruikte snijmais en voerresteren.

Tabel 4. Samenstelling vergiste producten en digestaat

Product	Tijdstip bemonstering	Samenstelling						
		Drogestof (g/kg)	Organische stof (g/kg)	Org stof- aandeel %	N (g/kg)	P ₂ O ₅ (g/kg)	K ₂ O (g/kg)	N/P ₂ O ₅
Lelie, vers	30 nov	243	219	0.90	1.92	0.71	4.00	2.70
Lelie, vers	18 dec	118	98	0.84	3.11	1.04	4.40	3.00
Gemiddeld		180	159	0.88	2.51	0.87	4.20	2.88
Snijmais ¹								
Voerrest	18 dec	314	277	0.88	7.35	2.81	8.70	2.62
Korrel	18 dec	610	557	0.91	7.49	4.29	2.30	1.75
Lysine	18 dec	659	581	0.88	75.70	5.24	5.50	14.45
Digestaat	18 dec	83	59	0.71	4.57	1.84	6.25	2.49
Lelie, kuil	16 jan	191	142	0.75	3.15	1.36	3.50	2.32
Lelie, kuil	31 jan	236	181	0.77	2.52	1.05	1.90	2.41
Gemiddeld		213	161	0.76	2.83	1.20	2.70	2.36
Snijmais	31 jan	321	300	0.94	3.63	1.67	3.05	2.17
Voerrest	31 jan	343	302	0.88	8.84	3.19	10.00	2.77
Korrel	31 jan	606	562	0.93	7.00	4.06	1.75	1.73
Lysine	31 jan	664	582	0.87	137.50	9.05	10.35	15.20
Digestaat	31 jan	66	46	0.71	4.50	1.18	5.20	3.81

1 Sterk afwijkende uitslag, daarom hier buiten beschouwing gelaten

Zware metalen en micro-verontreinigingen

In Bijlage 1 zijn de resultaten weergegeven van de analyse van zware metalen en micro-verontreinigingen. Bij de laatste betreft het stoffen waarvan het verplicht is het gehalte te laten bepalen alvorens het co-product mag worden gebruikt in een vergister. Het betreft een monster van vers materiaal.

M.u.v. cadmium, koper en zink lagen de gehalten onder de rapportagegrens. Ook bij de eerstgenoemde metalen lag het gehalte onder de maximaal toegestane norm.

Bij de micro-verontreinigingen was bij geen van de stoffen het gehalte hoger dan de rapportagegrens.

Biogasproductie

Per proef is op twee momenten een labtest uitgevoerd naar de biogasproductie. De resultaten staan in tabel 5. Ook hier zijn de gepresenteerde resultaten het gemiddelde van een duplo-bepaling. Doordat voor de gasproductietest een submonster is genomen uit het aangeleverde monster wijken de drogestof- en organische stofgehalten af van die uit tabel 4.

De gasproductie per ton vers materiaal liep uiteen van 70-95 m³ per ton voor verse lelieresten en 85-100 m³ per ton voor de ingekuilde lelieresten. De verschillen zijn vooral een gevolg van verschillen in het organische stofgehalte. Uitgedrukt per ton organisch materiaal waren de verschillen tussen de analyses geringer. Gemiddeld bedroeg de gasproductie 585 m³ per ton (verse lelieresten) en 575 m³ per ton (ingekuilde lelieresten).

Het methaangehalte was bij de verse lelieresten wat lager dan bij de ingekuilde lelieresten (54.8% tegen 58.7 %).

Tabel 5. Resultaten labtest biogasproductie lelieresten

Product	Tijdstip bemonstering	Drogestof (g/kg)	Organische stof (g/kg)	m ³ gas/ton vers	m ³ gas/ton drogestof	m ³ gas/ton org stof	CH ₄ - gehalte biogas (%)
Lelie, vers	30 nov	181	160	94	521	586	54.2
	18 dec	147	116	69	466	585	55.3
	Gem	164	138	82	494	585	54.8
Lelie, kuil	16 jan	191	142	86	452	607	59.6
	31 jan	236	181	99	419	547	57.9
	Gem	213	161	92	435	577	58.7

5.4 Conclusies en aanbevelingen

De verschillende partijen vers aangevoerde lelieresten hadden wisselende drogestofgehalten (15-25%). Natte partijen zorgen voor extra transportkosten en het extra aanhangende water belast de vergister onnodig en zorgt voor extra afzetkosten van het digestaat. Geadviseerd wordt daarom de lelieresten zo droog mogelijk aan te voeren.

Het verse materiaal heeft in deze test 2 à 3 weken in de sleufsilos in opslag gelegen. Hierdoor trad toch enige broei op en dit kan tot kwaliteitsverlies hebben geleden. Voor de praktijk wordt daarom geadviseerd om de aangevoerde partijen binnen 2 weken op te voeren.

voeren of de partij in te kuilen. In de proef bleek dat de lelieresten goed waren in te kuilen zonder noemenswaardige broei.

Bij de invoer, mixen en verpompen gaven de lelieresten geen problemen. Er was geen sprake van drijfslagen in de vergister, wel was de vergisterinhoud wat dikker.

De gemiddelde biogasopbrengst van de verse lelieresten bedraagt circa 95 m³ per ton product (21.0% ds). Per ton drogestof verse lelieresten wordt circa 450 m³ biogas geproduceerd. De gemiddelde biogasopbrengst van de ingekuilde lelieresten bedraagt circa 110 m³ per ton product (21.7% ds). Per ton drogestof ingekuilde lelieresten wordt circa 520 m³ biogas geproduceerd. De waargenomen gasproducties kwamen redelijk goed overeen met die gevonden in de labtesten (voor verse lelieresten 494 m³ per ton drogestof en voor ingekuilde resten 435 m³ per ton drogestof).

Het methaangehalte van het biogas is gelijk aan de voorafgaande periode waarin geen verse of ingekuilde lelieresten gevoerd werden.

De lelieresten verteren vlot en goed. Het materiaal bevat naar alle waarschijnlijkheid weinig onverteerbare lignine en een geringe hoeveelheid hemicellulose.

Slotopmerking

Zoals reeds eerder aangegeven kan het drogestofgehalte van de lelieresten aanzienlijk variëren. Na afloop van de proefperiode is nogmaals een partij verse lelieresten afgeleverd. Deze bevatte duidelijk meer bolletjes en minder wortelresten. Het drogestofgehalte van deze partij liep uiteen van 29% tot bijna 33%. Het is van het grootste belang het drogestofgehalte van de afgeleverde partijen te bepalen. Dit heeft grote invloed op de hoeveelheid geproduceerde biogas per ton afgeleverde lelieresten.



6 Proef tulpenresten

6.1 Opslag en voeren tulpenresten

De tulpenresten zijn door Burger vervoerd van de eigen locatie naar de ACRRES locatie waar het opgeslagen is in een open sleufsilos. De silo niet afgedekt. Het droge stofgehalte van de aangevoerde partij is bepaald. De uitslag is in dit rapport vermeld.

Tijdens de opslag was er wel sprake van enige broei in de opslag. Dit zal enige voederwaardeverlies tot gevolg hebben gehad. Opslag vooraf is echter niet te vermijden vanwege de transportafstand naar de vergister en/of de gehanteerde voersnelheid.

Evenals bij de lelieresten is het materiaal aan de vergister gevoerd zonder enige voorbereiding.



Foto 15; Opslag verse tulpenresten

6.2 Proefopzet en -uitvoering

De proef bestond uit het vergisten van vers aangevoerde tulpenresten. Evenals bij de lელიeproeven zijn de tulpenresten toegevoegd aan het bestaande rantsoen van de vergister.

Op 14 augustus 2013 is gestart. De proefperiode liep tot 5 september 2013. Dit is 3 weken korter dan gepland. Er was nl. gerekend op een aanvoer van circa 100-120 ton tulpenresten. De totale aanvoer is echter niet meer dan ruim 53 ton product geweest. Hierdoor is er slechts gedurende 3 weken invoer geweest van tulpenresten. Door de

bepaalde beschikbaarheid was het niet meer mogelijk om nog meer materiaal te laten aanvoeren van Burger. De resultaten moeten daarom als een indicatie worden gezien voor de gasproductie.

De planning was om ongeveer 2500 – 3000 kg tulpenresten in het rantsoen te voeren. De hoeveelheid tulpenresten in het rantsoen die in de eerste 10 dagen werd gevoerd was circa 2000 kg, in de daaropvolgende twee weken werd de hoeveelheid verhoogd naar 3000 kg per dag. Dit is circa 25% van de totale invoer. Het rantsoen van de vergister staat in Tabel 6.

Tabel 6. Gerealiseerde en geplande rantsoen van de vergister bij tulpenresten vers

Product	Kg invoer gepland	Kg invoer gerealiseerd
Tulpenresten (vers)	2.000	2.495
Snijmais	2.000	2.263
Voerresten	2.000	1.796
Runderdrijfmest	3.500	124
Totaal invoer per dag	9.500	6.678

Tijdens de proef is ernaar gestreefd zoveel mogelijk te voeren volgens planning. Dat is niet gelukt. De hoeveelheid tulpenresten is iets meer geweest dan gepland, maar is op zich geen probleem. Wel is de proef te kort geweest door de te kleine beschikbare hoeveelheid tulpenmateriaal. De hoeveelheid voerresten en energiemais is goed volgens plan gevoerd. De aardappelen en lysine zijn uitsluitend in de eerste week gevoerd. Beide producten hebben een hoge afbraaksnelheid en zullen na een week nagenoeg volledig afgebroken zijn. Er is wel een forse afwijking met runderdrijfmest: bij de invoer van de runderdrijfmest hebben we met hardnekkige verstoppingen in de leidingen te maken gehad, waardoor er een fors aantal dagen geen of slechts een kleine hoeveelheid mest is ingevoerd. De verschillen hebben echter geen invloed op de biologie in de vergister en daardoor als zodanig geen nadelige invloed op proef gehad.

6.3 Resultaten

6.3.1 Ervaringen

De verse tulpenresten zijn aangevoerd en in de open lucht bewaard. De eerste vracht die aangevoerd is, was voldoende droog, er liep in het geheel geen perssap uit. Het drogestof percentage is bepaald door op drie plaatsen in de hoop te bemonsteren. De monsters hadden een drogestofgehalte van resp. 30,1% (vooraan), 37,6% (midden) en 38,2% (achteraan).

Evenals bij de lelieproeven gaf het uithalen uit de opslag en de invoer in de vergister geen problemen. Ook waren er in de vergister geen drijfslagen te zien en verliep de menging goed.

Wel zijn er problemen geweest met het verpompen van de digestaat van vergister 1 naar vergister 2. De pomp is tweemaal vastgelopen. Bij het openhalen en schoonmaken bleek dat er in het pomphuis sprake was van een verstopping van stroresten vermengd met onverteerde delen van de tulpenresten. We hebben dit nog niet eerder gezien. Het tulpenmateriaal bevat naar alle waarschijnlijkheid toch enig onverteerbare lignine en een geringe hoeveelheid hemicellulose.

6.3.2 Gasproductie co-vergistingsproef

De resultaten van de proef zijn weergegeven in tabel 7. De eerste twee weken waarin de tulpenresten gevoerd werd, zijn buiten beschouwing gelaten. Van week 3 zijn de meetgegevens verwerkt, deze staan vermeld in de tabel. Normaal gesproken worden de eerste 3 weken niet meegenomen in het onderzoek. Doordat er minder tulpenresten zijn aangevoerd dan gepland, was de voorraad tulpenresten na 3 weken al op en moeten we het doen met de gegevens die we hebben. Er zal mogelijk nog enige invloed van het vorige rantsoen zijn. Aangezien de producten uit de periode voor de aanvang van de proef snel tot heel snel verteren (lysine en aardappelen) zal de invloed van deze producten niet groot zijn, maar niet uit te sluiten.

Tabel 7. Resultaten co-vergistingsproef tulpenresten vers.

Week nr.	CH ₄ gehalte (%)	Temperatuur vergister (°C)	Biogas opbrengst (gemiddeld) (m ³ /ton)
3	57,0	38,3	250

De hoeveelheid biogas per ton gevoerde tulpenresten bedroeg gemiddeld 250 kuub per ton, bij een gemiddeld droge stofgehalte van 37,9%.

Het methaangehalte in het biogas heeft was in de 3^e week 1,5% hoger dan in de voorgaande 5 weken. Dit kan mogelijk het effect zijn van de tulpenresten. Om hier zeker van te kunnen zijn, had de proef minimaal 2 weken langer moeten duren.

De temperatuur in de vergister is iets gelijk gebleven: 38,3 °C

Het H₂S-gehalte was in het tijdens de proef erg laag en constant.

6.3.3 Resultaten aanvullend labonderzoek

Samenstelling producten

Drogestof, organische stof en mineralen

In Tabel 8 is de samenstelling van de tulpenresten weergegeven. Doordat er slechts een beperkte hoeveelheid tulpenmateriaal is aangevoerd is er niet twee maar één keer bemonsterd. Het betreft een duplo-bepaling.

Het drogestofgehalte van de tulpenresten varieerde aanzienlijk en liep uiteen van 30 tot 39%, gemiddeld was het drogestofgehalte 35%. Het materiaal is dus duidelijk droger dan verse lelieresten. Het aandeel organische stof in de droge stof was ruim 80%.

In vergelijking met verse lelieresten is het stikstof-, fosfaat- en kaligehalte bij tulpenresten wat hoger: respectievelijk 5.1 g N/kg, 1.7 g P₂O₅/kg en 5.6 g K₂O/kg voor tulpenresten tegenover 2.5 g N/kg, 0.9 g P₂O₅/kg en 4.2 g K₂O/kg voor lelieresten (zie tabel 4). Met tulpenresten worden met eenzelfde hoeveelheid verse massa dus meer mineralen aangevoerd.

Voor de bemesting is tevens de N/P-verhouding van de co-producten van belang. Deze bepaalt mede de N/P-verhouding van het digestaat en daarmee hoeveel maximaal kan worden toegediend binnen de gebruiksnormen (stikstofgebruiksnorm dierlijke mest en fosfaatgebruiksnorm). In het algemeen is een hogere N/P-verhouding gunstig, omdat dan binnen de gebruiksnormen meer digestaat kan worden gebruikt. Uit tabel 8 blijkt dat de N/P-verhouding van tulpenresten 3.0 bedroeg. Dit was vergelijkbaar met de N/P-verhouding van verse lelieresten (2.9, tabel 4).

Tabel 8. Samenstelling tulpenresten (bemonstering op 20 augustus 2013).

Product	Samenstelling						
	Drogestof (g/kg)	Organische stof (g/kg)	Org stof- aandeel %	N (g/kg)	P ₂ O ₅ (g/kg)	K ₂ O (g/kg)	N/P ₂ O ₅
Tulp, vers	347	284	81	5.08	1.70	5.6	2.99

Zware metalen en micro-verontreinigingen

In Bijlage 2 zijn de resultaten weergegeven van de analyse van zware metalen en micro-verontreinigingen in het verse materiaal.

M.u.v. koper en zink lagen de gehalten onder de rapportagegrens. Ook bij de eerstgenoemde metalen lag het gehalte onder de maximaal toegestane norm.

Bij de micro-verontreinigingen was bij geen van de stoffen het gehalte hoger dan de toegestane norm. Bij de meeste stoffen werd de rapportagegrens overschreden.

Biogasproductie

Tijdens de vergistingsproef is een labtest uitgevoerd naar de biogasproductie. De resultaten staan in tabel 9. Ook hier zijn de gepresenteerde resultaten het gemiddelde van een duplo-bepaling. Doordat voor de gasproductietest een submonster is genomen

uit het aangeleverde monster wijken de drogestof- en organische stofgehalten af van die uit tabel 9.

De gasproductie per ton vers tulpenmateriaal bedroeg ruim 60 m³ per ton. Uitgedrukt per ton organisch materiaal bedraagt de gasproductie 200 m³ per ton. In vergelijking met verse lelieresten is de gasproductie aanzienlijk lager. De gevonden productie stem ook niet overeen met de gasproductie gevonden in de praktijkvergister. Mogelijk was het monster te weinig representatief.

Tabel 9. Resultaten labtest biogasproductie tulpenresten

Product	Drogestof (g/kg)	Organische stof (g/kg)	m ³ gas/ton vers	m ³ gas/ton drogestof	m ³ gas/ton org stof	CH ₄ gehalte biogas (%)
Tulp, vers	372	305	61	164	200	61.2

6.4 Conclusies en aanbevelingen

Van de partij vers aangevoerde tulpenresten zijn drie drogestofgehalte monsters genomen: voor, midden en achterin de silo. Het voorste monster had een drogestofgehalte van ruim 30%. De beide andere monsters waren respectievelijk 37,6% en 38,2%. Het voorste is eerst gevoerd, het achterste in de laatste week.

Bij de invoer, mixen en verpompen gaven de tulpenresten geen problemen. Er was geen sprake van drijfslagen in de vergister, wel was de vergisterinhoud wat dikker.

De gemiddelde biogasopbrengst van de verse tulpenresten bedraagt circa 250 m³ per ton product (38.0% ds). Per ton drogestof verse tulpenresten wordt circa 655 m³ biogas geproduceerd.

Het methaangehalte van het biogas is gelijk aan de voorafgaande periode waarin geen verse of ingekuilde tulpenresten gevoerd werden.

De tulpenresten verteren vlot en maar bij het verpompen van het digestaat hadden we problemen met de verstoppingen in de pomp. Hier bleken onverteerde tulpenresten mede de oorzaak van te zijn.



Bijlage 1 Gehalten zware metalen en microverontreinigingen verse lelieresten

Tabel B1.1. Gehalten zware metalen.

Element	Gehalte (mg/ kg droge stof)
Barium	< 10
Cadmium	0.4
Kobalt	< 3.0
Koper	8.1
Kwik	< 0.10
Lood	< 10
Molybdeen	< 1.5
Nikkel	< 5.0
Zink	67

Tabel B1.2. Gehalten microverontreinigingen.

Stof	Gehalte (mg/kg droge stof)
Organochloor-pesticiden	
Cis-Heptachloorepoxide	< 0.0068
Trans-Heptachloorepoxide	< 0.0068
Cis-Chloordaan	< 0.0068
Trans-Chloordaan	< 0.0068
Aldrin	< 0.0068
Dieldrin	< 0.011
Endrin	< 0.0068
Isodrin	< 0.0068
Telodrin	< 0.0068
2,4-DDE (ortho, para-DDE)	< 0.014
4,4-DDE (para, para-DDE)	< 0.014
2,4-DDD (ortho, para-DDE)	< 0.014
2,4-DDD (para, para-DDE)	< 0.014
2,4-DDT (ortho, para-DDE)	< 0.014
2,4-DDT (para, para-DDE)	< 0.014
Alfa-Endosulfan	< 0.0068
Heptachloorepoxide (som)	0.0095 ¹
Chloordaan (cis + trans)	0.0095 ¹
Drins (Aldrin+Dieldrin+Endrin)	0.017 ¹
DDT + DDE +DDD (som)	0.058 ¹
DDE (som)	0.019 ¹
DDD (som)	0.019 ¹
DDT (som)	0.019 ¹
OCB (som)	0.13 ¹

**Tabel B1.2. Gehalten microverontreinigingen
(vervolg)**

Polychloorbifenylen

PCB 28	< 0.0068
PCB 52	< 0.0068
PCB 101	< 0.0068
PCB 118	< 0.0068
PCB 138	< 0.0068
PCB 153	< 0.0068
PCB 180	< 0.0068
PCB (som)	0.034 ¹

**Polycyclische aromatische koolwaterstoffen
(VROM)**

Naftaleen	< 0.34
Fenanthreen	< 0.34
Anthraceen	< 0.34
Fluorantheen	< 0.34
Benzo(a)anthraceen	< 0.34
Chryseen	< 0.34
Benzo(k)fluorantheen	< 0.34
Benzo(a)pyreen	< 0.34
Benzo(g,h,i)peryleen	< 0.34
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	< 0.34
Totaal PAK 10 VROM	2.4 ¹

¹ Bij de som zijn de waarden "< rapportagegrens" vermenigvuldigd met factor 0.7 zoals beschreven in 'AS3000, bijlage 3'

Bijlage 2 Gehalten zware metalen en microverontreinigingen verse tulpenresten

Tabel B2.1. Gehalten zware metalen tulpenresten (bemonsterd op 18 augustus 2013).

Element	Gehalte (mg/ kg droge stof)
Arseen	< 5.0
Cadmium	< 0.30
Kobalt	< 3.0
Koper	14.0
Kwik	< 0.10
Lood	< 10
Molybdeen	2.1
Nikkel	7.1
Zink	85

Tabel B2.2. Gehalten microverontreinigingen tulpenresten (bemonsterd op 18 augustus 2013).

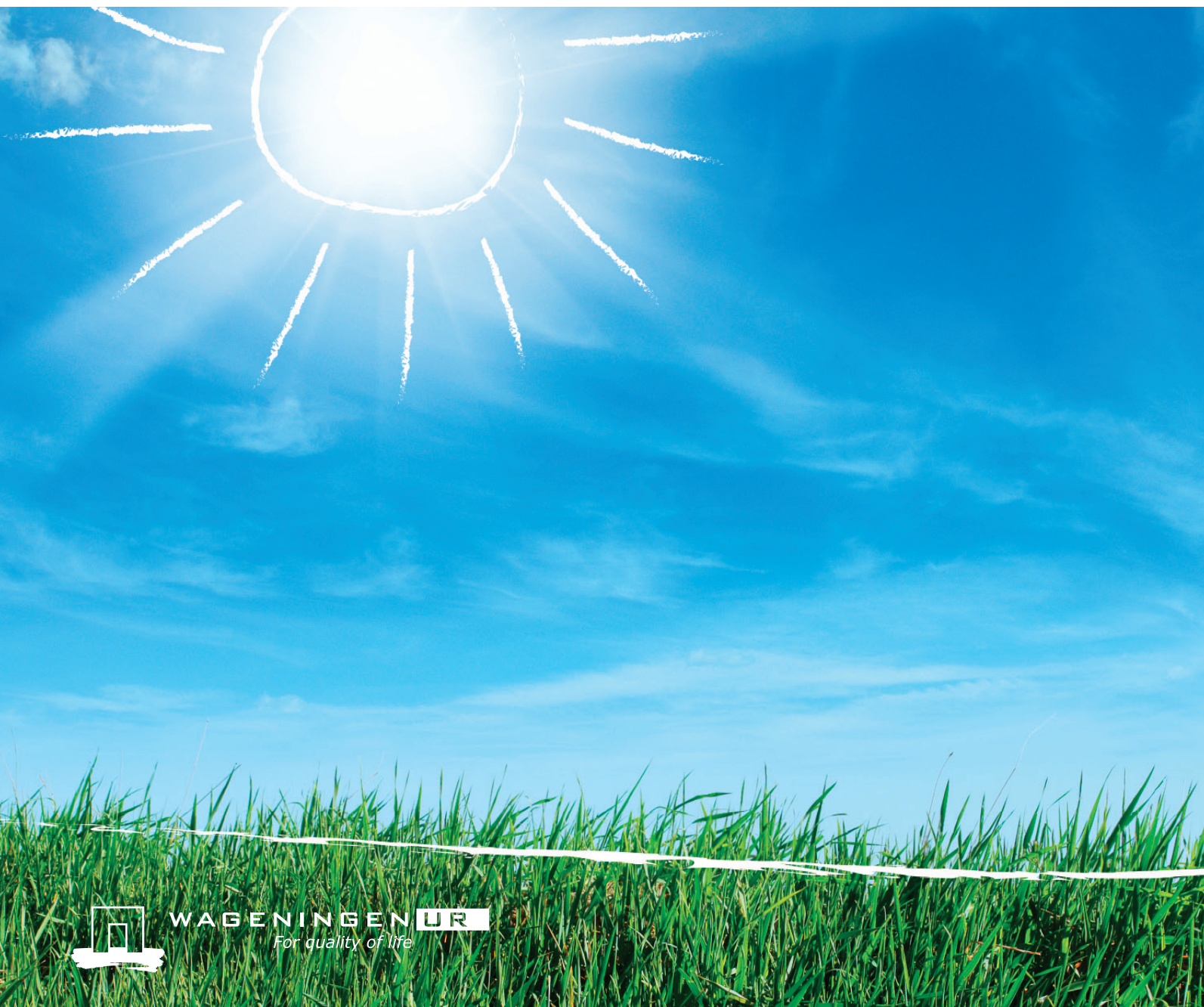
Stof	Gehalte (mg/kg droge stof)
Organochloor-pesticiden	
Cis-Heptachloorepoxide	< 0.0024
Trans-Heptachloorepoxide	< 0.0024
Cis-Chloordaan	< 0.0024
Trans-Chloordaan	< 0.0024
Aldrin	< 0.0024
Dieldrin	< 0.004
Endrin	< 0.0023
Isodrin	< 0.0023
Telodrin	< 0.0024
2,4-DDE (ortho, para-DDE)	< 0.0047
4,4-DDE (para, para-DDE)	< 0.0047
2,4-DDD (ortho, para-DDE)	< 0.0047
2,4-DDD (para, para-DDE)	< 0.0047
2,4-DDT (ortho, para-DDE)	< 0.0047
2,4-DDT (para, para-DDE)	< 0.0047
Alfa-Endosulfan	< 0.0023
Heptachloorepoxide (som)	0.0033 ¹
Chloordaan (cis + trans)	0.0033 ¹
Drins (Aldrin+Dieldrin+Endrin)	0.0061 ¹
DDT + DDE +DDD (som)	0.020 ¹
DDE (som)	0.0066 ¹
DDD (som)	0.0066 ¹
DDT (som)	0.0066 ¹
OCB (som)	0.044 ¹

Tabel B2. Gehalten microverontreinigingen tulpenresten (bemonsterd op 18 augustus 2013) (vervolg)

Polychloorbifenylen	
PCB 28	< 0.0024
PCB 52	< 0.0024
PCB 101	< 0.0024
PCB 118	< 0.0024
PCB 138	< 0.0024
PCB 153	0.0030
PCB 180	< 0.0023
PCB (som)	0.014 ¹
Polycyclische aromatische koolwaterstoffen	
Naftaleen	< 0.12
Fenanthreen	< 0.12
Anthraceen	< 0.12
Fluorantheen	< 0.12
Benzo(a)anthraceen	< 0.12
Chryseen	< 0.12
Benzo(k)fluorantheen	< 0.12
Benzo(a)pyreen	< 0.12
Benzo(g,h,i)peryleen	< 0.12
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	< 0.12
Totaal PAK 10 VROM	0.82 ¹

¹ Bij de som zijn de waarden "< rapportagegrens" vermenigvuldigd met factor 0.7 zoals beschreven in 'AS3000, bijlage 3'

www.acrres.nl



WAGENINGENUR
For quality of life