



De Vlaamse biogassector

Stand van zaken en de emissie-inventarisatie

Vlaamse Milieumaatschappij

Project
Opdrachtgever

De Vlaamse biogassector
Vlaamse Milieumaatschappij

Document
Status
Datum
Referentie
Depot

Stand van zaken en de emissie-inventarisatie
Definitief
15 december 2023
134352_09_REP_vC
D/2024/6871/002

Projectcode
Projectleider
Projectdirecteur

134352
Arnout Soumillion
Hugo Desmet

Auteur(s)
Gecontroleerd door
Goedgekeurd door

Jens Moeyersoms, Arnout Soumillion
Hugo Desmet
Hugo Desmet

Paraaf

Adres

Witteveen+Bos Belgium N.V.
Maatschappelijke zetel: Posthoflei 5-1
2600 Antwerpen-Berchem
België
+32 (0)3 286 75 75
www.witteveenbos.be
RPR Antwerpen
Dienstverlener KMO-Portefeuille: Advies: DV.A102480
Opleiding: DV.O229170

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij. Het bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Milieumaatschappij.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos Belgium N.V. is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos Belgium N.V.

Niets uit dit document mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos Belgium N.V. noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos Belgium N.V. aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos Belgium N.V. geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding studie	1
1.2	Inhoud studie	1
1.3	Uitvoering project	1
2	WETGEVEND KADER EN RICHTLIJNEN	3
2.1	Situering volgens de indelingslijst	3
2.2	BBT-studies	3
2.2.1	BBT voor (mest)co-vergistingsinstallaties	4
2.2.2	BBT voor composteer- en vergistingsinstallaties	6
2.2.3	BBT voor mestverwerking	6
2.3	VLAREM-wetgeving	7
2.3.1	VLAREM II	7
2.3.2	VLAREM III	9
3	STAND VAN ZAKEN IN DE VLAAMSE BIOGASSECTOR	11
3.1	Type vergistingsinstallaties	11
3.2	Vergistingsinstallaties in Vlaanderen	11
3.3	Werking vergistingsinstallaties	12
3.3.1	Inputstromen	12
3.3.2	Het anaerobe vergistingsproces	14
3.3.3	Outputstromen	15
3.3.4	Onderlinge relaties tussen de vorming van polluenten	19
3.4	Toekomstige evoluties binnen de biogassector	20
3.5	Overzicht gevormde polluenten en BKG	21
4	EMISSIONS-INVENTARISATIE	23
4.1	Huidige emissie-inventarisatie binnen de EIL	23
4.1.1	IMJV	23
4.1.2	Broeikasgasemissies	25
4.1.3	Luchtverontreinigende polluenten	25
4.1.4	Conclusies	25

4.2	Nieuwe inventarisatie strategie	26
4.2.1	Vereenvoudigingen en opdeling installaties	26
4.2.2	Emissies per processtap	26
4.2.3	Emissiemetingen en emissiefactoren	28
4.2.4	Conclusie	30
5	EMISSIE-INVENTARISATIE OP BASIS VAN METINGEN	31
5.1	Meetverplichtingen volgens VLAREM	31
5.2	Aanvullende emissiemetingen	31
5.2.1	Aanvullende emissiemetingen door het bedrijf	33
5.2.2	Aanvullende meetcampagnes door de overheid	34
5.3	Samenvatting	34
6	EMISSIE-INVENTARISATIE OP BASIS VAN EMISSIEFACTOREN	36
6.1	Algemeen	36
6.2	CH ₄ -emissiefactoren	39
6.2.1	Deel 1 van de vergistingsinstallatie	40
6.2.2	Deel 2 - Digestaatnabehandeling	41
6.2.3	Deel 2 - Biogasvalorisatie (WKK)	41
6.2.4	Deel 2 - Opwerken biogas	44
6.2.5	Volledige vergistingsinstallatie	44
6.3	NH ₃ -emissiefactoren	49
6.3.1	Deel 1 van de vergistingsinstallatie	50
6.3.2	Deel 2 - Digestaatnabehandeling	51
6.3.3	Volledige vergistingsinstallatie	51
6.4	N ₂ O-emissiefactoren	51
6.4.1	Deel 2 - Digestaatnabehandeling	53
6.4.2	Volledige vergistingsinstallatie	53
6.5	NO _x -emissiefactoren	53
6.5.1	Deel 2 - Digestaatnabehandeling	54
6.5.2	Deel 2 - Biogasvalorisatie (WKK)	54
6.6	Emissieberekening	56
6.6.1	CH ₄ -emissies	56
6.6.2	NH ₃ -emissies	56
6.6.3	N ₂ O-emissies	61
6.6.4	NO _x -emissies	62
7	MEETTECHNIEKEN EN -STRATEGIEËN	65
7.1	Algemeen	65
7.2	Meettechnieken	66
7.3	Meetstrategieën	70

7.3.1	Bottom-up	70
7.3.2	Top-down	72
7.4	Aanbevolen metingen	73
8	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	75
8.1	Conclusies	75
8.2	Aanbevelingen	78
9	ENGLISH SUMMARY	80
9.1	Introduction	80
9.2	Emission inventory	80
9.2.1	Current emission inventory	80
9.2.2	New inventory strategy	81
9.2.3	Conclusion	83
9.3	Emission inventory based on measurements	84
9.3.1	Obligatory measurements	84
9.3.2	Additional measurements	84
9.4	Emission inventory based on emission factors	85
9.4.1	General	86
9.4.2	Emission factors	86
9.4.3	Emission calculation	86
9.5	Measurement campaigns	94
10	BIBLIOGRAFIE	95
	Laatste pagina	99

	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	VERTROUWELIJK - Overzicht van de agro-industriële- en GFT-vergistingsinstallaties die binnen deze studie beschouwd worden voor (2021)	1
II	Verslag van de interviews met sectororganisaties en kenniscentra	15
III	VERTROUWELIJK - Overzicht van de IMJV-emissiedata gerapporteerd door vergistingsinstallaties voor de periode van 2015 en tot en met 2021	1
IV	Controleberekening EF CH ₄ -emissie 'deel 1 en 2 van de co-vergistingsinstallatie'	1
V	(technische) Toelichting rond CH ₄ - en NH ₃ -meettoestellen	2

INLEIDING

1.1 Aanleiding studie

In het kader van Europese verdragen en verordeningen maakt de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) jaarlijks een emissie-inventaris op van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen voor de verschillende sectoren. De kwaliteit van deze inventarissen is belangrijk, omdat ze de basis vormt voor het milieu- en klimaatbeleid.

Momenteel heeft de VMM de CO₂-uitstoot binnen de biogassector (grootschalige agrarische/industriële vergisters en GFT-vergisters, zijnde de vergistingsinstallaties exclusief de boerderijschaal-/pocketvergisters (= geïnstalleerd elektrisch vermogen < 200 kWe), AWZI- en RWZI-vergisters en stortgasrecuperatie-installaties) relatief goed in kaart gebracht, maar over de uitstoot van broeikasgassen zoals methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) en luchtverontreinigende/schadelijke stoffen zoals stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH₃) is te weinig gekend of zijn de gebruikte gegevens aan een update toe. Om de kennis rond de emissie van deze polluenten binnen de biogassector te verbreden en te actualiseren, is in opdracht van de VMM een studie opgestart. Voorliggend rapport is hier het resultaat van.

1.2 Inhoud studie

Deze studie gaat dieper in op de emissie van CH₄, N₂O, NO_x en NH₃ vanuit de Vlaamse biogassector voor wat betreft de grootschalige agrarische/industriële vergisters en GFT-vergisters. Dit omvat alle vergistingsinstallaties, exclusief de zogenaamde pocketvergisters. Deze laatste zijn namelijk reeds onderwerp van de studie 'Opmaak methodiek voor het inschatten van de niet-energetische methaan-, lachgas- en NO-emissies van de land- en tuinbouw in Vlaanderen: uitbreiding EMAV2.1'). In voorliggend rapport worden volgende onderwerpen besproken:

- de stand van zaken en verwachte evoluties binnen de Vlaamse biogassector;
- een overzicht van de beschikbare emissiefactoren en emissiemetingen voor CH₄, N₂O, NO_x en NH₃ per processtap;
- een evaluatie van de beschikbare data met betrekking tot het gebruiksdoel van de VMM en voorstellen om tot een zo goed mogelijke emissie-inventaris te komen;
- inzicht in de onderlinge relaties tussen CH₄-, N₂O-, NO_x- en NH₃-emissies;
- lijst met methoden om emissies en lekverliezen van CH₄ en NH₃ te meten bij biogasinstallaties.

1.3 Uitvoering project

Witteveen+Bos is door de VMM aangeduid als partner voor de uitvoering van deze studie. Het bij aanvang van de studie voorgestelde plan van aanpak in twee fases is gevolgd tijdens de uitvoering:

- fase 1: literatuurstudie rond de emissieberekening van biogasinstallaties in Vlaanderen:
 - fase 1.a: stand van zaken en evoluties binnen de Vlaamse biogassector;
 - fase 1.b: emissies en emissiefactoren voor CH₄, N₂O, NO_x en NH₃ doorheen het proces;
- fase 2: literatuurstudie rond meetmethoden voor het bepalen van CH₄- en NH₃-emissies.

In de eerste fase is een literatuuronderzoek uitgevoerd en werden gesprekken met verschillende kenniscentra en beroepsfederaties gehouden. Het doel was het verzamelen van informatie over de relevante wetgeving, de Vlaamse biogassector in het algemeen, de soorten installaties die aanwezig zijn en de verwachte toekomstige evoluties. Op basis van deze informatie werd de scope voor het verdere onderzoek afgelijnd met betrekking tot de onderzochte inputstromen, processtappen en emissiemetingen.

De focus binnen deze studie ligt op grote (agro-)industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties in Vlaanderen. Als in het verdere verloop van dit rapport 'vergistingsinstallaties' of 'vergisters' worden vermeld, dan gaat het dus uitsluitend over deze types van installaties.

2

WETGEVEND KADER EN RICHTLIJNEN

2.1 Situering volgens de indelingslijst

De indelingslijst, vastgesteld overeenkomstig Artikel 5.2.1, §1 van het decreet van 5 april 1995 houdende algemene bepalingen inzake milieubeleid, bestaat uit rubrieken die de inrichtingen en activiteiten omvatten waarvan de exploitatie ernstige risico's of hinder voor de mens en het milieu kunnen inhouden.

Voor de types vergistingsinstallaties die onderwerp zijn van voorliggende studie zijn volgende rubrieken van toepassing:

- Rubriek 2.: afvalstoffen;
 - Rubriek 2.2.: opslag en nuttige toepassing van afvalstoffen;
 - Rubriek 2.2.3.e): vergistingsinstallatie van niet-gevaarlijke afvalstoffen met een inhoudscapaciteit van maximaal 25 m³ of meer dan 25 m³;
 - Rubriek 2.4.: afvalbeheer in het kader van industriële emissies (Voor Rubriek 2.4.3, a) en b), wordt de capaciteit bepaald op dit rubrieksniveau en niet op het niveau van de onderliggende opsplitsing van die rubrieken);
 - Rubriek 2.4.3.b), 1°: nuttige toepassing, of een combinatie van nuttige toepassing en verwijdering, van niet-gevaarlijke afvalstoffen met een capaciteit van meer dan 75 ton per dag, door middel van biologische behandeling (als de behandeling van het afval beperkt blijft tot anaerobe vergisting, bedraagt de capaciteitsdrempelwaarde voor die activiteit 100 ton per dag);
- Rubriek 28.: mest of meststoffen;
 - Rubriek 28.2.: opslagplaats van dierlijke mest;
 - Rubriek 28.3.: inrichtingen waar dierlijke mest bewerkt of verwerkt wordt;
 - Rubriek 28.5: de biologische verwerking van mest met een verwerkingscapaciteit van meer dan 75 ton per dag.

Rubriek 28, en zodus ook de sub-rubrieken, hebben uitsluitend betrekking op co-vergistingsinstallaties waar ook mest verwerkt wordt.

Vergistingsinstallaties die vallen onder rubriek 2.4.3.b), 1° en 28.5 zijn GPBV-installaties¹ als vermeld in Artikel 5.1.1, 6°, van het decreet van 5 april 1995 houdende algemene bepalingen inzake milieubeleid. Zie hiervoor ook Paragraaf 2.3.2 met betrekking tot VLAREM III.

2.2 BBT-studies

In het kader van de Richtlijn Industriële Emissies (RIE) zijn er op Europees niveau referentiedocumenten rond de beste beschikbare technieken (BREF) opgemaakt, die door het BBT-kenniscentrum vertaald worden naar Vlaamse BBT-studies. Per bedrijfstak komen één of meerdere beste beschikbare technieken naar voren. Dit zijn technieken die, in vergelijking met alle gelijkaardige technieken, het best scoren op milieugebied én betaalbaar zijn én technisch uitvoerbaar zijn [1, 2].

¹ GPBV staat voor 'geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging'.

De BBT-studies vormen een niet-bindend, richtinggevend document ter actualisatie van de milieuregelgeving in Vlaanderen. Voor de implementatie in de milieuregelgeving wordt de nadruk gelegd op de milieuprestaties die met een BBT mogelijk zijn en niet op de BBT op zich [1].

Voor de grootschalige agro-industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties zijn er drie relevante BBT-studies:

- BBT voor (mest)co-vergistingsinstallaties (2012);
- BBT voor composteer- en vergistingsinstallaties (2005);
- BBT voor mestverwerking (2007).

De BBT-studie 'voorkomen van afstromen van erfsappen (2022)' en het addendum bij de BBT-studie rond mestverwerking (2020) zijn doorgenomen, maar werden als minder relevant beoordeeld. Deze worden onderstaand dan ook niet afzonderlijk besproken.

2.2.1 BBT voor (mest)co-vergistingsinstallaties

De BBT-studie voor (mest)co-vergistingsinstallaties uit 2012 beschrijft een aantal BBT voor emissiereductie uit vergistingsinstallaties die ook mest co-vergisten. De optimale technieken voor een concrete case dienen geval per geval bekeken te worden [3].

Onderstaand worden de BBT voor reductie van emissies naar lucht weergegeven. Hierbij wordt een opdeling gemaakt tussen de algemene BBT en de BBT gericht op digestaatbehandeling, biogasbehandeling en end-of-pipe luchtbehandelingstechnieken.

Algemene BBT voor (mest)co-vergistingsinstallaties

- BBT 5: 'gebruik maken van zo vers mogelijk inputmateriaal om de biogasproductie te maximaliseren'. Ter invulling van deze BBT is het van belang om een goede productieplanning en afspraken met de stroomopwaartse leveranciers te maken. Ook dient de opslag van inputstromen zo kort mogelijk en onder optimale omstandigheden te gebeuren;
- BBT 6: 'processen optimaliseren om overmatig energieverbruik te voorkomen of te beperken'. Binnen deze BBT zijn voornamelijk de aanbevelingen om warmte zo veel mogelijk te recupereren, het digestaat niet langer dan noodzakelijk te drogen en het energetisch rendement van de installatie te optimaliseren relevant. Op deze manier moet minder warmte worden opgewekt die teruggeleid wordt naar de installatie en vinden minder rookgasemissies plaats;
- BBT 7: 'gebruik maken van zo vers en zo zuiver mogelijke mest, energiegewassen en/of organisch biologisch afval (OBA) om de hoeveelheid niet verwerkte of niet verwerkbare inputstromen te beperken'. Zoals beschreven in BBT 5 kan de biogasproductie gemaximaliseerd worden door het gebruik van vers inputmateriaal. Als bijkomstig voordeel zal dit ook resulteren in een kleinere massa digestaat van waaruit emissies kunnen optreden;
- BBT 8: 'sedimentfractie¹ van de vergister op een gepaste wijze afvoeren'. De correcte afvoer van de sedimentatiefractie kan emissies voorkomen of ten minste verminderen. Mogelijke technieken zijn uitrijden, opmengen met digestaat en afvoeren of nabehandelen, composteren of verbranden;

¹ Deze 'sedimentfractie' of 'asrest' bestaat uit zand en grof materiaal en vormt zich onderaan de reactor wanneer een deel van de inputstroom een grotere dichtheid heeft dan de rest van de input. Het betreft dus restmateriaal dat onveranderd achterblijft in de vergister. Digestaat daarentegen, is een restproduct bestaande uit vergiste biomassa. In bepaalde gevallen wordt het sediment samen met het digestaat verwijderd, in andere gevallen gebeurt dit gescheiden [Biogas-E en ODE Vlaanderen, 'Vergisting - Omzetten van biomassa in een energierijk gas].

- BBT 9: 'luchtemissies, geurhinder en/of stofemissies zoveel mogelijk vermijden door toepassing van brongerichte en/of proces geïntegreerde maatregelen'.

Deze BBT beschrijft een aantal operationele en installatietechnische maatregelen die tijdens het proces en bij ontvangst en opslag van grondstoffen toegepast kunnen worden ter reductie van luchtemissies. Enkele van deze maatregelen zijn los- en laadactiviteiten optimaliseren, opslagduur van input- en outputstromen beperken, ramen deuren en poorten zoveel mogelijk gesloten houden, snel sluitende poorten gebruiken en alle geur en stof veroorzakende processen uitvoeren in een gesloten ruimte die te allen tijde op onderdruk staat en van waaruit de lucht kan worden afgezogen en behandeld;

- BBT 11: 'opslag van inputstromen, tussenproducten en eindproducten optimaliseren'.

Deze BBT beschrijft voor vaste, steekvaste¹ en vloeibare stromen welke technieken de emissies tijdens opslag kunnen reduceren. Concreet:

- voor vaste stromen (bijvoorbeeld vaste mest, dikke fractie digestaat, gedroogd digestaat en digestaat korrels):
 - overdekte sleufsilo's of bekkens;
 - gesloten containers, silo's en loodsden;
- voor steekvaste stromen (bijvoorbeeld energiegewassen, OBA):
 - vloeistofdichte opslagplaatsen, voorzien van een opstaande rand en afdekking;
 - gesloten silo's;
- vloeibare stromen (bijvoorbeeld vloeibare mest en OBA, ruw digestaat en dunne fractie digestaat):
 - binnen opslag;
 - gesloten opslag (verpakkingen, buffers, silo's met damprecuperatie);
 - afgedekte lekvrije recipiënten;
 - opslagtanks met overvulbeveiliging;

- BBT 12: 'geur veroorzakende processen uitvoeren in een gesloten ruimte in onderdruk'.

Deze BBT stelt dat onder andere het drogen en composteren/biothermisch drogen van digestaat in een gesloten ruimte op onderdruk moeten uitgevoerd worden. Op deze manier worden geur veroorzakende pollutanten zoals NH₃ afgevangen en is nabehandeling van de gasstroom mogelijk. Afhankelijk van de gekozen nabehandelingstechniek worden ook andere pollutanten verwijderd.

- BBT 15: 'ontwerp van de (mest)co-vergistingsinstallatie optimaliseren'.

Deze BBT beschrijft diverse ontwerpvereisten waarvan een aantal een (beperkte) invloed kunnen hebben op reductie van luchtemissies.

- BBT 16: '(mest)co-vergistingsinstallatie optimaal onderhouden'.

Door het optimaal onderhoud van de installatie kunnen emissies vermeden worden, bijvoorbeeld door het correct functioneren van de luchtnabehandelingsinstallatie te verzekeren of diffuse lekverliezen te voorkomen.

- BBT 17: 'bedrijfsvoering van de (mest)co-vergistingsinstallatie optimaliseren'.

Deze BBT beschrijft diverse milieumaatregelen waarvan een aantal een (beperkte) invloed kunnen hebben op reductie van luchtemissies.

BBT voor (mest) covergistingsinstallatie die digestaatbehandeling toepassen

- BBT 21: 'digestaatbehandeling optimaliseren'.

Deze BBT beschrijft de relevante technieken voor het optimaliseren van de digestaatbehandeling. Hierbij worden zowel technieken beschreven voor energetische optimalisatie als voor de eigenlijke behandeling en opslag van de dikke en dunne fractie. De correcte toepassing van deze technieken zal resulteren in verminderde emissies via verbrandingsgassen, de nabehandelingsinstallatie en het digestaat zelf.

¹ Bodemmateriële met een minimale dichtheid van 1,60 ton/m³ of een minimaal gehalte droge stof van 65 % worden beschouwd als steekvast [22].

BBT voor (mest) covergistingsinstallatie die biogasbehandeling toepassen

- BBT 23: 'biogasbehandeling optimaliseren'.

Biogas bevat een aantal nevenverontreinigingen die rechtstreekse toepassing van het onbehandelde gas bemoeilijken. Door het optimaliseren van de biogasnabehandelingsinstallatie worden deze verontreinigingen maximaal verwijderd en wordt voorkomen dat deze bij toepassing van het biogas of via de nabehandelingsinstallatie in het milieu terecht komen.

BBT voor end-of-pipe luchtbehandelingstechnieken

- BBT 24: 'luchtemissies opvangen aan de bron via (punt)afzuiging en een geschikte (combinatie van) end-of-pipe luchtbehandelingstechniek(en) toepassen'.

Het is in de eerste plaats noodzakelijk om emissies zo veel mogelijk te voorkomen of ten minste te beperken via brongerichte en/of proces geïntegreerde maatregelen. In bepaalde gevallen is dit echter ontoereikend om de emissie van polluenten voldoende terug te dringen, waardoor het noodzakelijk is om luchtafzuiging en een geschikte nabehandelingstechniek toe te passen. In deze BBT worden een aantal aandachtspunten opgesomd voor het correct ontwerpen, bedienen en onderhouden van de end-of-pipe luchtbehandelingstechniek(en). Denk hierbij aan het voldoende groot dimensioneren van de behandelingsinstallatie (in functie van de te behandelen lucht), het uitwerken van een procedure voor het opstarten/uitschakelen en het voorzien in tijdig onderhoud.

2.2.2 BBT voor composteer- en vergistingsinstallaties

De BBT-studie voor composteer- en vergistingsinstallaties uit 2005 beschrijft een aantal BBT gericht op emissiereductie tijdens het composteer- en vergistingsproces. Hierbij worden de technieken opgedeeld volgens de specifieke pollutent waarop ze betrekking hebben [4].

Onderstaand worden specifiek de BBT voor reductie van emissies naar lucht uit het vergistingsproces weergegeven.

BBT ter beperking van NH₃-emissies

Voor vergisting van N-rijke materialen (mest) is het BBT om de NH₃-emissies te beperken door in geval van hoge NH₃-concentraties de afgezogen ventilatielucht te behandelen in een zure wasser.

BBT met betrekking tot opslag en behandeling van het biogas

Bij vergisting is het BBT om:

- te voorzien in een veilige biogasopslag;
- te voorzien in een gasfakkel;
- zo nodig het biogas te ontzwavelen;
- het biogas uit de digestaatopslag op te vangen en energetisch te benutten.

De vermelde technieken voorkomen de emissie van CH₄ naar het milieu. Wel dient opgemerkt te worden dat bij de verbranding van biogas/CH₄ andere polluenten (bijvoorbeeld NO_x) gevormd worden.

2.2.3 BBT voor mestverwerking

De BBT-studie voor mestverwerking (2007) beschrijft een aantal BBT voor de verwerking van mest teneinde de verspreiding van nutriënten en polluenten naar het milieu te vermijden of ten minste te beperken. Het gaat in dit geval niet over BBT voor de gehele sector, aangezien de beschikbare technieken zeer divers zijn en afhankelijk van de specifieke situatie een andere techniek de voorkeur krijgt [5]. Eén van de verwerkingstechnieken is co-vergisting. Wel vermeldt de BBT-studie een aantal aanbevelingen voor de opslag van mest die relevant zijn voor bepaalde agro-industriële installaties. Deze maatregelen zijn algemeen toepasbaar in Vlaanderen.

Onderstaand worden eerst de aanbevelingen rond mestopslag weergegeven. Vervolgens worden de conclusies uit de studie voor het verwerken van mest via co-vergisting toegelicht.

Aanbevelingen voor (tijdelijke) opslag van mest en tussen-/eindproducten

Een deel van de agro-industriële vergistingsinstallaties verwerkt mest als (onderdeel van de) inputstroom. Voor de vooropslag van mest worden volgende aanbevelingen geformuleerd om de emissie naar de lucht van verschillende pollutanten (met name ammoniak) te voorkomen of te beperken [5]:

- vaste mest overdekt opslaan, bijvoorbeeld met een plastic zeil;
- vaste mest opslaan in een overdekte loods met dichte vloer om de invloed van zonlicht te vermijden;
- bij opslag van vloeibare mest het vloeioppervlak zo klein mogelijk houden;
- vloeibare mest bij opslag beschutten tegen de wind;
- het vullen van kelders voor vloeibare mestopslag zo dicht mogelijk bij de bodem uitvoeren;
- vloeibare mest overdekt opslaan. Bij bovengrondse opslag zijn volgende systemen aanbevolen:
 - stijve afdekpanelen uit beton of glasvezel;
 - flexibele afdekkingen of tentsystemen;
 - drijvende afdekking;
- het lossen van externe vaste mest gebeurt bij voorkeur inpandig;
- het lossen van vloeibare mest kan inpandig gebeuren of er kan gebruik gemaakt worden van emissiearme koppelingen. In dit geval moet de verdreven lucht uit de voorraadtank over een biofilter geleid worden.

Aanbevelingen voor co-vergisting als mestverwerkingstechniek

Er is een onderscheid tussen mestverwerking en -bewerking. Bij mestverwerking wordt de hoeveelheid nutriënten gereduceerd door het mineraliseren of recyclen, hetgeen bij mestbewerking niet het geval is. Co-vergisting van mest zonder nabehandeling van het digestaat leidt niet tot verwerking van de nutriënten en valt dus onder de noemer 'mestbewerking'. Wanneer het gevormde digestaat na co-vergisting wel nabehandeld wordt, wordt de hoeveelheid nutriënten gereduceerd en valt de volledige activiteit onder mestverwerking [5].

Wanneer gekozen wordt voor mestverwerking via vergisting, is het aanbevolen om de emissies vanuit opslag te voorkomen of te beperken via de maatregelen vermeld in de voorgaande paragraaf. Om corrosie en ongewenste SO₂-emissies bij verbranding te voorkomen, is het aanbevolen om het biogas te ontwakelen alvorens het te valoriseren. Ook wordt aanbevolen om een fakkel of tweede WKK te plaatsen zodat er geen onverwerkt biogas wordt vrijgesteld in het geval van een technisch defect of onderhoud. Indien nodig kunnen de vrijgestelde rookgassen verder gezuiverd worden [5].

2.3 VLAREM-wetgeving

De BBT-conclusies vormen de basis voor de Vlaamse milieuwetgeving. De emissiegrenswaarden, de gelijkwaardige parameters en de gelijkwaardige technische maatregelen in de Vlaamse milieuwetgeving zijn gebaseerd op BBT zonder dat daarmee het gebruik van een bepaalde techniek of technologie wordt voorgeschreven [6].

In deze paragraaf worden de artikels uit het VLAREM besproken die relevant zijn voor reductie van de luchtemissies uit grootschalige vergistingsinstallaties. De wettelijke verplichtingen vertonen sterke gelijkenissen met de BBT-conclusies die in de voorgaande paragraaf besproken werden, aangezien VLAREM II de verplichting oplegt om de best beschikbare techniek toe te passen [6].

2.3.1 VLAREM II

Onderstaand worden enkele artikels uit het VLAREM II opgesomd die relevant zijn voor de luchtemissies vanuit grootschalige vergistingsinstallaties. Vervolgens wordt aangegeven welke belangrijke vaststellingen er

gemaakt kunnen worden met betrekking tot het inschatten van de emissiepunten van emissiefactoren voor vergistingsinstallaties.

Artikels

Volgende artikels zijn relevant voor de opbouw en werking van vergistingsinstallaties of hebben specifiek betrekking op de luchtemissies vanuit dergelijke installaties. Telkens wordt kort de essentie van het betreffende artikel weergegeven:

- Hoofdstuk 5.2. Inrichtingen voor de verwerking van afvalstoffen:
 - Afdeling 5.2.2. Inrichtingen voor het opslaan en behandelen van afvalstoffen:
 - Artikel 5.2.2.10.1.§4: de verwerking van de afvalstoffen gebeurt in een gesloten verwerkingsinstallatie;
 - Artikel 5.2.2.10.2.§1: aangevoerde afvalstoffen worden uiterlijk binnen 24 uur na aanvoer verwerkt;
 - Artikel 5.2.2.10.3.1§ : op elke plaats van de inrichting waar ze ontstaan, worden geurbeladen afgassen afgezogen en naar een aangepaste afgasbehandelingsinstallatie gevoerd. Afzuiging wordt minstens voorzien in de ontvangstruimte, de opslagruimte en boven de breek- of maalinstallatie;
- Hoofdstuk 5.16. Behandelen van gassen:
 - Afdeling 5.16.2. Productie of omzetting van gassen:
 - Subafdeling 5.16.2.1.: algemene bepalingen:
 - Artikel 5.16.2.1.2.: dampen, nevels en afgassen, met uitzondering van zuurstofgas worden op de plaats waar ze ontstaan opgevangen en zo nodig naar een afgasbehandelingsinstallatie geleid;
 - Subafdeling 5.16.2.2.: productie van biogas door vergisting:
 - Artikel 5.16.2.2.3.§1: de biogasopslag is voorzien van een overdrukbeveiliging (met een overdrukventiel, een waterslot of evenwaardige techniek);
 - Artikel 5.16.2.2.3.§2: voor de vergister of vergisters, waarbij de totale productiecapaciteit van biogas meer dan 50 Nm³/h bedraagt, wordt de vergister uitgerust met een fakkel of een evenwaardige installatie;
 - Artikel 5.16.2.2.4.: elke aanwezige vergister wordt gebouwd volgens de regels van goed vakmanschap;
 - Artikel 5.16.2.2.6.1.: alle geur of stof veroorzakende processen ter hoogte van de vergistingsinstallatie en de opslag- en behandelingsruimten worden uitgevoerd in een gesloten ruimte die altijd in onderdruk staat;
 - Artikel 5.16.2.2.6.2.: de afgezogen ventilatielucht wordt behandeld met een zure wasser gevolgd door een biobed;
 - Artikel 5.16.2.2.6.5.: zowel voor de zure wasser als voor het biobed wordt een logboek bijgehouden, met daarin minimaal de bevindingen van de wekelijkse controle, de analyseresultaten van het waswater en de meetresultaten van de ammoniakmetingen;
 - Artikel 5.16.2.2.7.: voor geloosde afgassen van inrichtingen voor de productie van biogas door vergisting geldt een emissiegrenswaarde voor ammoniak van 20 mg/Nm³ bij een massastroom van minder dan 150 g/h en 10 mg/Nm³ bij een massastroom van 150 g/h of meer. De concentratie dient halfjaarlijks gemeten te worden;
- Hoofdstuk 5.28. Minerale meststoffen en dierlijke mest:
 - Afdeling 5.28.2. Dierlijke mest:
 - Artikel 5.28.2.3.§2, b): de opslagplaats (voor mengmest) dient volledig te worden afgedekt;
 - Artikel 5.28.2.3.§2, g): voor mestopslag die bij een mestverwerkingsinstallatie hoort, moet de aanvoerdarm voor vloeibare mest vanuit de betreffende vrachtwagen beschikken over een vloeistofdichte snelkoppeling die past op de gesloten voorraadkelder of een gelijkwaardig alternatief. Ter hoogte van de koppelingen wordt ook in lekbakken voorzien die de mest alsnog kunnen opvangen;
 - Afdeling 5.28.3. Bewerking en verwerking van dierlijke mest:
 - Artikel 5.28.3.4.1.: om geurhinder te vermijden gebeurt laden en lossen in een afgesloten ruimte, zijn de ontvangstruimte, de mengkelder en de voorraadtank in gesloten uitvoering en vindt mestbewerking en -verwerking in een overkapte afgezogen ruimte plaats. De afgezogen lucht wordt behandeld in een zure wasser en biobed;

- Artikel 5.28.3.4.2.: bij vergisting moet de samenstelling van de aangevoerde mest zo constant mogelijk zijn;
- Artikel 5.28.3.5.2.: er geldt een emissiegrenswaarde voor ammoniak van 10 mg/Nm³ bij een massastroom van 150 g/h of meer voor de afgezogen ventilatielucht van mestdroog- en gelijkaardige installaties. Tot 30 juni 2017 geldt voor inrichtingen die voor 1 juli 2014 vergund zijn, in afwijking van het eerste lid, een emissiegrenswaarde voor ammoniak van 10 mg/Nm³ bij een massastroom van 5 kg/h of meer;
- Hoofdstuk 5.43. Stookinstallaties:
 - Afdeling 5.43.2. Kleine en middelgrote stookinstallaties:
 - Artikel 5.43.2.23.: vermeldt de minimale meetfrequentie voor stof, SO₂, NO_x, CO, organische stoffen, HCl, HF, nikkel en vanadium afhankelijk van de specificaties van de stookinstallatie.

Reflectie

Volgens VLAREM II moeten opslag, behandeling en vergisting van afvalstoffen plaatsvinden in een gesloten ruimte die altijd in onderdruk staat. Wat het vergistingsproces betreft is dit evident met het oog op het behouden van anaerobe condities. De lucht van de ruimteafzuiging moet vervolgens behandeld worden met een zure water en biobed. Ook moeten alle bedrijven NH₃ emissiemetingen uitvoeren.

Door deze verplichtingen worden alle (geur)emissies afkomstig van de vermelde handelingen in principe afgevangen en verwijderd. Als er na de luchtbehandeling toch nog restemissies plaatsvinden, treden deze naar buiten via één geleid emissiepunt. Hierdoor is het relatief eenvoudig om deze emissies te kwantificeren via een meting.

2.3.2 VLAREM III

VLAREM III is van toepassing op bedrijven met een grote milieu-impact, de zogenaamde GPBV-installaties. Deze bedrijven zijn onderworpen aan de Europese Richtlijn inzake Industriële Emissies (RIE). Hierdoor worden zij gereguleerd door de overheid via een integrale vergunning gebaseerd op de BBT. Een bedrijf valt onder deze verplichting als ten minste één van zijn activiteiten opgenomen is in Bijlage I van de RIE [7]. Op voorwaarde dat de vermelde capaciteitsdrempel van 75 ton per dag overschreden wordt, is voor de vergistingsinstallaties die beschouwd worden binnen deze studie het activiteitsniveau 5.3 b) van de RIE 'nuttige toepassing of een combinatie van nuttige toepassing en verwijdering van ongevaarlijke afvalstoffen met een capaciteit van meer dan 75 ton per dag door middel van biologische behandeling' van toepassing. Wanneer de behandeling van het afval beperkt blijft tot anaerobe vergisting, bedraagt de capaciteitsdrempel 100 ton per dag. In Bijlage I is een overzicht opgenomen van de binnen deze studie beschouwde vergistingsinstallaties met vermelding van het geïnstalleerd elektrisch vermogen, de vergunde capaciteit en de GPBV-plicht. Merk op dat de GPBV-plicht wordt ingeschat door de vergunde capaciteit te vergelijken met de 'drempelwaarde x 365 dagen/jaar'.

Onderstaand worden enkele artikels uit VLAREM III opgelijst die relevant zijn voor de luchtemissies vanuit GPBV-vergistingsinstallaties. Naast de algemene milieuvoorwaarden, waarvan met name het 'toepassen van BBT' belangrijk is, zijn de artikels uit Hoofdstuk 3.14 'Afvalbehandeling' relevant. Tot slot wordt er aangegeven welke belangrijke vaststellingen gemaakt kunnen worden met betrekking tot de emissiepunten van emissiefactoren voor vergistingsinstallaties.

Artikels

Volgende artikels uit Hoofdstuk 3.14 'Afvalbehandeling' zijn relevant voor de luchtemissies vanuit vergistingsinstallaties:

- Afdeling 3.14.2. Algemene bepalingen:
 - Onderafdeling 3.14.2.4. Emissies naar lucht:
 - Artikel 3.14.2.4.1: de bemonsteringsperiode voor periodieke metingen van emissies naar lucht bedraagt 90 minuten of drie opeenvolgende tijdsintervallen van minstens 30 minuten;
 - Artikel 3.14.2.4.2: de emissiegrenswaarden in dit hoofdstuk (Hoofdstuk 3.14) gelden zonder correctie voor het zuurstofgehalte;

- Artikel 3.14.2.4.5: geuremissies worden voorkomen of, als dat niet haalbaar is, verminderd, door de toepassing van één of een combinatie van de technieken, vermeld in BBT 13 van de BBT-conclusies voor afvalbehandeling;
- Artikel 3.14.2.4.6: diffuse emissies naar lucht, in het bijzonder stof, organische verbindingen en geur, worden voorkomen of, als dat niet haalbaar is, verminderd, door de toepassing van een geschikte combinatie van technieken;
- Artikel 3.14.2.4.7: affakkelen wordt alleen toegepast om veiligheidsredenen of bij niet-routinematige bedrijfsomstandigheden, zoals de opstart en stillegging;
- Afdeling 3.14.4. Biologische behandeling van afval:
 - Onderafdeling 3.14.4.1. Algemene bepalingen voor de biologische behandeling van afval:
 - Artikel 3.14.4.1.3.: vermeldt emissiegrenswaarden en minimale meetfrequenties (halfjaarlijks of maandelijks) voor geleide emissies van NH₃ en H₂S (de overige vermelde polluenten, stof en VOS, zijn niet relevant voor vergisters);
 - Onderafdeling 3.14.4.3. Anaerobe behandeling van afval:
 - Artikel 3.14.4.3.2.: beschrijft de procesparameters die gemonitord moeten worden. Het gaat om de pH van het digestaat, de bedrijfstemperatuur en organische belasting van de vergister, de concentratie van vluchtige vetzuren, totale ammoniakale stikstof en het vloeistof- en schuimniveau in de vergister en de hoeveelheid, samenstelling en druk van het biogas.

Reflectie

Vergistingsinstallaties met een verwerkingscapaciteit van meer dan 75 ton/dag, of 100 ton/dag wanneer de behandeling beperkt blijft tot anaerobe vergisting, vallen onder de GPBV-wetgeving en moeten naast NH₃-ook H₂S-metingen uitvoeren. Deze emissieresultaten zorgen voor bijkomende inzichten in de totale emissies vanuit de vergistingsinstallaties.

Op basis van het overzicht met de vergunde capaciteiten per (agro-)industriële vergister en GFT-vergistingsinstallatie, heeft 80 % van de Vlaamse (agro-)industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties een verwerkingscapaciteit groter dan 100 ton/dag. Dit aantal stijgt tot 88 % wanneer 75 ton/dag als grenswaarde gebruikt wordt. In het geval dat bij alle Vlaamse (agro-)industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties de biologische behandelingen beperkt blijven tot anaerobe vergisting, valt 80 % van de installaties onder de GPBV-wetgeving en zijn er bijgevolg emissiemeetgegevens van bepaalde polluenten gekend voor 80 % van de installaties. Wanneer naast anaerobe vergisting ook andere biologische behandelingen plaatsvinden, zijn er emissiemeetgegevens van bepaalde polluenten gekend voor maximaal 88 % van de installaties.

STAND VAN ZAKEN IN DE VLAAMSE BIOGASSECTOR

Het basisproces voor de productie van biogas is anaerobe vergisting van organisch materiaal door een consortium aan micro-organismen. Gezien de meerwaarde van het omzetten van organische afvalstromen in waardevolle producten zoals biogas en meststoffen, heeft zich ook in Vlaanderen een sector ontwikkeld waarbij dit proces bedreven wordt op industriële schaal. Binnen deze sector blijft het basisproces, op enkele nuances na, hetzelfde, maar zijn er verschillen op vlak van inputstromen, de voorbehandeling van deze inputstromen en de nabehandeling van de eindproducten. Hierdoor kan de opbouw van de vergistingsinstallaties verschillen. Dit hoofdstuk gaat dieper in op de type vergistingsinstallaties, de situatie in Vlaanderen, de procesvoering en de verwachte evoluties.

3.1 Type vergistingsinstallaties

Op basis van de verwerkte inputstromen, worden vijf groepen van vergistingsinstallaties onderscheiden:

- (agro-)industriële vergisters: verwerking van biomassa(rest)stromen afkomstig van landbouw en industrie. De agro-industriële installaties kunnen naast organische afvalstromen ook een bepaald percentage mest verwerken. Het minimale en maximale percentage wordt meestal bepaald in de vergunning;
- GFT-vergisters: verwerking van GFT-afval. Deze installaties moeten volgens de anaerobe vergisting verplicht compostering toepassen als onderdeel van de nabehandeling;
- AWZI- en RWZI-vergisters: maken onderdeel uit van een afvalwater- of rioolwaterzuiveringsinstallatie;
- stortplaats vergisters: afvangen van stortgas om het aanwezige methaan te valoriseren;
- pocketvergisters: kleinschalige vergistingsinstallaties (< 200 kWe geïnstalleerd vermogen) die meestal op landbouwbedrijven staan met als doel het verwerken van de eigen organische stromen, waarvan mest een belangrijk aandeel is.

Zoals eerder aangegeven beperkt deze studie zich tot de (agro-)industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties. Als er in het verdere verloop van dit rapport gesproken wordt over 'vergistingsinstallaties' of 'vergisters', wordt er uitsluitend verwezen naar deze installaties.

3.2 Vergistingsinstallaties in Vlaanderen

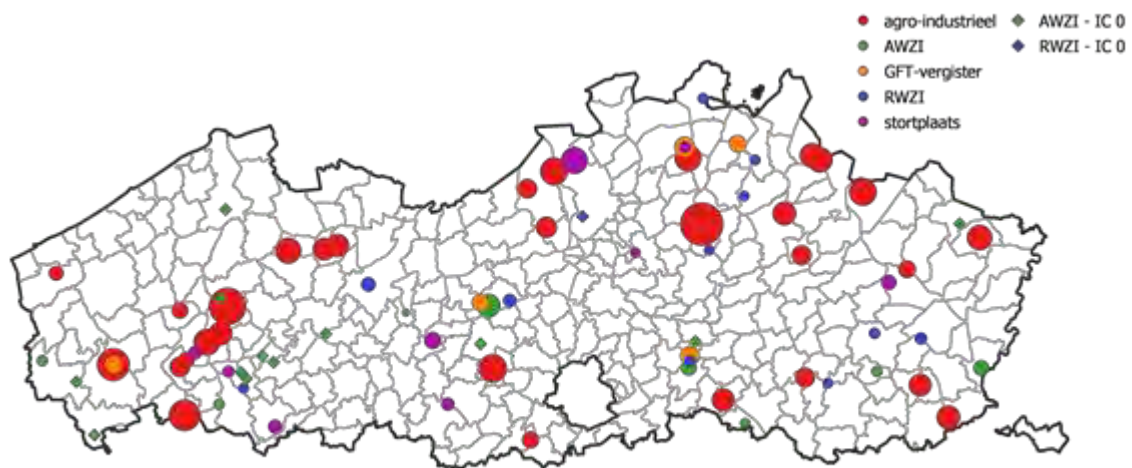
In 2022 telde de Vlaamse biogassector 20 agro-, 14 industriële- en 5 GFT-vergistingsinstallaties, hetgeen het totale aantal vergistingsinstallaties beschouwd binnen voorliggende studie op 39 brengt [8]. De zogenoemde agrarische vergisters zijn gelegen in agrarisch gebied en hebben een maximale verwerkingscapaciteit van maximaal 60.000 ton/jaar (uitbreidingen kunnen worden toegestaan via het vergunningenbeleid). Daarnaast moet 60 % (op gewichtsbasis) van de verwerkte inputstromen direct afkomstig zijn van land- of tuinbouw. De industriële vergisters verwerken voornamelijk mest en organisch biologische afvalstromen [8]. Meer toelichting over de inputstromen is terug te vinden onder paragraaf 3.3.1.

Wat de vergunde capaciteit van de 34 (agro-)industriële vergistingsinstallaties in het algemeen betreft, zijn er 10 met een vergunde capaciteit kleiner dan 60.000 ton/jaar, 10 met een vergunde capaciteit van 60.000 ton/jaar, 7 met een vergunde capaciteit tussen 60.000 en 110.000 ton/jaar en 7 met een vergunde capaciteit van 110.000 ton afval/jaar of hoger. De kleinste installatie is vergund voor de verwerking van 9.000 ton/jaar,

de grootste installatie voor 225.000 ton/jaar. Op Afbeelding 3.1 worden de locaties van de vergistingsinstallaties in Vlaanderen weergegeven. De kleur van de bol komt overeen met het type installatie en de grootte is een maat voor het geïnstalleerde elektrisch vermogen. Uit dit overzicht blijkt duidelijk dat het merendeel van de agro-industriële installaties zich bevinden in streken waar typisch meer aan landbouw wordt gedaan en dus ook meer inputstromen beschikbaar zijn (West-Vlaanderen en Antwerpse en Limburgse Kempen). Deze installaties behoren ook duidelijk tot de grotere vergistingsinstallaties in Vlaanderen.

GFT-vergistingsinstallaties zijn meestal onderdeel van een intercommunale afvalverwerkingsinstallatie, omdat daarin het gescheiden opgehaalde GFT-afval wordt verwerkt. Nabehandeling van digestaat bestaat uit menging met structuurmateriaal en compostering. Voor de compostering wordt de restwarmte van de WKK aangewend. De GFT-vergistingsinstallaties zijn terug te vinden in West-Vlaanderen en Antwerpen [9].

Afbeelding 3.1 Geografische spreiding van vergistingsgasinstallaties (excl. pocketvergisters) in 2022. De kleur van de bol komt overeen met een bepaald type installatie, de grootte is een maat voor het geïnstalleerd elektrisch vermogen [8]. De aanduidingen met een ruit en 'IC 0' wijzen op het feit dat de installatie niet is uitgerust met een WKK



3.3 Werking vergistingsinstallaties

In deze paragraaf worden de verschillende procestappen chronologisch besproken.

3.3.1 Inputstromen

In het algemeen wordt onderscheid gemaakt tussen mono-vergisting en co-vergisting. Mono-vergisting wil zeggen dat slechts één type grondstof vergist wordt. In de meeste gevallen betreft het een inputstroom waarvan de samenstelling relatief constant is. Een typisch voorbeeld van mono-vergisting is het vergisten van zuiver dierlijke mest. Co-vergisting daarentegen, houdt in dat biogas geproduceerd wordt door vergisting van een combinatie van verschillende type grondstoffen [10]. In veel gevallen gaat het over dierlijke mest, samen met co-vergistingsmaterialen zoals energiegewassen en organisch biologisch afval (OBA), waardoor de samenstelling varieert. In theorie is vergisting van zuivere mest mogelijk, maar in praktijk wordt dit niet toegepast in de Vlaamse agro-industriële vergistingsinstallaties omdat het (economisch) niet haalbaar is. Om een voldoende hoge biogasproductie te hebben, moeten anderen organische stromen mee vergist worden [11].

Binnen de Vlaamse biogassector verwerken 8 van de 34 agro-industriële vergistingsinstallaties uitsluitend plantaardige stromen (energiegewassen en OBA) en zijn er 4 van de 34 agro-industriële vergistingsinstallaties die uitsluitend dierlijke stromen (mest en andere dierlijke bijproducten zoals maag- en darminhoud) verwerken. De overige 22 installaties verwerken zowel plantaardige als dierlijke stromen [8]. Daarnaast worden in deze studie ook de GFT-vergistingsinstallaties beschouwd.

Indeling

De afvalstoffen die gebruikt worden als grondstof voor anaerobe vergisting hebben allemaal een organische oorsprong. Voor het karakteriseren van afvalstoffen wordt typisch gebruik gemaakt van de zogenaamde EURAL-codes, die vastgelegd zijn in de Europese afvalstoffenlijst (EURAL). Binnen deze studie is onderzocht of de EURAL-codes bruikbaar zijn om de diverse (organische) inputstromen van het vergistingsproces in te delen en vervolgens deze indeling door te trekken in de emissieberekeningen. Er is echter vastgesteld dat [9] [12] [13]:

- het detailniveau veel te hoog is om praktisch werkbaar te zijn;
- er geen informatie beschikbaar is met betrekking tot emissies en emissiefactoren voor al de afzonderlijke inputstromen;
- diverse inputstromen vaak gemengd worden, waardoor de code verandert en er toch weer een gemengde toestand bekomen wordt waarvan de exacte samenstelling nog moeilijk te achterhalen is.

Op een minder groot detailniveau worden volgende categorieën onderscheiden:

- mest: afkomstig van verschillende diersoorten;
- dierlijke bijproducten: hele kadavers of delen van dieren of producten van dierlijke oorsprong die niet voor menselijke consumptie bestemd zijn [14];
- energiegewassen: worden ook teeltgewassen genoemd en omvatten aardappelen, maïskolven, gras, gerst, koolzaad, haver, etc. [11];
- GFT: GFT-afval is het gescheiden ingezamelde organische deel van het huishoudelijk afval. Het omvat plantaardig, composteerbaar keukenafval (schillen en groeten- en fruitresten, koffiedik, theezakjes, etc.) en het gedeelte van het tuinafval dat bestaat uit niet-houtig, fijn materiaal (verwelkte bloemen, kamerplanten, gazonmaaisel, bladeren, onkruid, versnipperd snoeihout, etc.) [15];
- groenafval: dit is organisch composteerbaar afval dat onder meer vrijkomt bij het onderhoud en beheer van particuliere tuinen, bedrijfsterreinen en openbare groenvoorzieningen zoals parken, oevers van waterlopen, straten, wegbermen en natuurgebieden. Het bestaat uit snoeihout met een diameter kleiner dan 10 cm, bladeren, haagscheersel, boomstronken, gras en bermmaaisel [15];
- organisch biologisch afval (OBA): dit is de fractie van huishoudelijk en industrieel afval die van nature biodegradeert. Het bestaat uit voedselresten, keukenresten, afval van groenten- en fruithandel en de voedingsverwerkende industrie, tuinafval uit privétuinen of publieke parken (grasmaaisel, bladeren, etc.), etc. Dit betreft zodus een combinatie van GFT- en groenafval, samen met een reeks andere afvalstromen [16].

Uit de interviews met sectororganisaties en kenniscentra (Bijlage I) is naar vorgekomen dat in de Vlaamse biogassector voornamelijk gewerkt wordt met de vergisting van een combinatie van volgende grondstoffen [9]:

- energiegewassen;
- mest;
- OBA.

VEKA¹ heeft op basis van de beschikbare Vlaamse gegevens een standaardverdeling afgeleid voor het verwerkte aandeel per grondstofcategorie bij agro-industriële vergisters. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt volgens het bruto nominaal vermogen [17]:

- 10 kWe < bruto nominaal vermogen < 5 MWe:
 - energiegewassen (maïs): 12,2 %;

¹ De verdeling is gebaseerd op het type vergistingsinstallatie en de productiecapaciteit (uitgedrukt als maximaal te leveren elektrisch vermogen). In beide gevallen betreft het vergisting van mest- en/of land- en tuinbouwgerelateerde stromen of andere organisch-biologische (afval)stoffen met uitsluiting van: stortgas, AWZI-/RWZI- en GFT-vergisters bij een bestaande composteerinstallatie. Het verschil tussen de categorieën zit in het bruto nominaal vermogen.

- mest: 25,3 %;
- OBA: 62,5 %;
- 5 MWe < bruto nominaal vermogen < 20 MWe:
 - energiegewassen (maïs): 6,2 %;
 - mest: 12,4 %;
 - OBA: 81,4 %.

Het aandeel van de verschillende toegepaste grondstofcategorieën in de vergistingsinstallatie heeft een beperkte invloed op welke luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen gevormd worden tijdens opslag, vergisting, nabehandeling, etc., maar wel op de concentratie waarin deze luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen aanwezig zijn. Enkele concrete voorbeelden die verder in het rapport nog aan bod komen:

- CH₄: onafhankelijk van de toegepaste grondstoffen heeft anaerobe vergisting als doel om CH₄ te vormen. Echter hebben bepaalde grondstoffen een grotere methaanopbrengst dan anderen;
- NH₃: de condities in de vergistingsreactor geven altijd aanleiding tot NH₃-vorming, maar bij het toepassen van meer eiwitrijke grondstoffen zal de gevormde NH₃-concentratie hoger liggen.

Opslag en voorbehandeling

De voorbehandeling van inputstromen is bedoeld om een homogene inputstroom te bekomen die goed verpompbaar en mengbaar is en makkelijker te vergisten. Voor de goede vergistbaarheid is met name de C/N-verhouding belangrijk. De voorbehandeling hangt af van de inputstromen en kan mechanisch, biologisch, thermisch of chemisch van aard zijn. Zeker bij co-vergisting is het mechanisch mengen van inputstromen een veelvoorkomende handeling. Bij het mengen van inputstromen, bestaat het risico op vrijstelling van NH₃ vanuit de fractie mest die vermengd wordt in de inputstroom [3]. Daarnaast wordt soms een deel van het digestaat vermengd met de (vaste) inputstromen om een meer vloeibare stroom te verkrijgen. In dat geval bestaat het risico op vorming van CH₄ door de resterende methanogene activiteit in het digestaat [18].

Zoals besproken in Hoofdstuk 2, geldt de wettelijke verplichting om zowel opslag van inputmateriaal als het voorbehandelen van deze stromen uit te voeren in een afgesloten ruimte. De afgezogen lucht uit deze ruimte moet gezuiverd worden via een gaswasser en biofilter. De gaswasser is bedoeld voor het verwijderen van NH₃ en haalt hierbij een rendement van meer dan 99 % [19]. De biofilter heeft als functie om koolwaterstoffen (KWS) te verwijderen uit de luchtstroom. Binnen deze studie is methaan de onderzochte KWS. Het verwijderingsrendement in een biofilter bedraagt typisch 75 tot 95 % van de aanwezige koolwaterstoffen. Er wordt geen specifieke verwijderingsefficiëntie voor CH₄ vermeld. Methaan vormt echter veruit de grootste fractie van alle KWS in biogas, waardoor verwacht wordt dat de verwijdering van methaan in dit geval in dezelfde grootteorde zal liggen [20]. Deze aanname wordt ondersteund door onderzoek van de WUR die in een pilotscale biofilter een CH₄-verwijderingsrendement van 85 % bekwamen bij het behandelen van ventilatielucht uit een drijfmestopslag [21]. Bij het correct opereren van beide nabehandelingstechnieken worden grote emissies voorkomen, maar restemissies blijven mogelijk. Het is de afdeling Handhaving (aHH) van het departement Omgeving (dOMG) die instaat voor de controle op het naleven van deze verplichting. Vanuit Handhaving is aangegeven dat VLAREM momenteel vooral focust op geur en minder op ammoniak, al komt daar met de nieuwe meetverplichting (cfr. de meetverplichting voor installaties die moeten voldoen aan VLAREM III en waaraan voldaan moet worden sinds augustus 2022, zie paragraaf 2.3.2) mogelijk verandering in. Daarnaast is het zo dat er geregeld uitzonderingen worden opgenomen in de vergunning waarbij open opslag toch wordt toegestaan. Het betreft dan wel opslag van bijvoorbeeld kuilmaïs omdat dit niet ruikt. Deze grondstoffen geven in het algemeen ook slechts aanleiding tot beperkte emissies [22].

3.3.2 Het anaerobe vergistingsproces

Het eigenlijke anaerobe vergistingsproces is in essentie steeds hetzelfde. Organisch materiaal wordt door een consortium aan micro-organismen omgezet naar biogas onder anaerobe condities [23]. Ondanks de sterke gelijkenissen, zijn er verschillen mogelijk in de procesvoering op vlak van de werkingstemperatuur en droge stofgehalte. Wat de werkingstemperatuur betreft, wordt een onderscheid gemaakt tussen [8]:

- mesofiele vergisting: de temperatuur in de vergistingsinstallatie bedraagt 32 tot 42 °C. In Vlaanderen wordt de mesofiele procesvoering toegepast in 25 van de 39 installaties;
- thermofiele vergisting: de temperatuur in de vergistingsinstallatie bedraagt 48 tot 55 °C. In Vlaanderen wordt de thermofiele procesvoering toegepast in 14 van de 39 installaties.

De hogere reactortemperatuur bij thermofiele vergisting zorgt ervoor dat de vergisting sneller verloopt. Hierdoor is een hogere belasting mogelijk en resulteert deze procesvoering in meer biogas per reactorvolume ten opzichte van de mesofiele procesvoering binnen dezelfde tijd. Echter, wanneer de verblijftijd van het organisch materiaal in de reactor bij een mesofiele procesvoering voldoende groot is, levert eenzelfde hoeveelheid materiaal wel dezelfde hoeveelheid biogas op als bij de thermofiele procesvoering [24].

Op basis van het droge stofgehalte (DS %) in de reactor wordt onderscheid gemaakt tussen [24]:

- natte vergisting: hierbij is het DS % in de reactor < 20 %. Dit type vergisting wordt doorgaans toegepast in (agro-)industriële vergistingsinstallaties [9];
- droge vergisting: hierbij is het DS % in de reactor > 20 %. Dit type vergisting wordt doorgaans toegepast in GFT-vergistingsinstallaties [12].

De toepassing van een nat of droog vergistingsproces wordt in sterke mate beïnvloed door de samenstelling van de inputstromen. Zo zullen de meeste (agro-)industriële installaties natte vergisting toepassen aangezien er vochtigere stromen, waaronder vaak mest, verwerkt worden. GFT-afval is meer geschikt voor een droge vergisting.

Tijdens het anaerobe vergistingsproces wordt voornamelijk methaan gevormd. Door toevoeging van grondstoffen die rijk zijn aan ammoniakale stikstof, bijvoorbeeld grondstoffen met veel eiwitten, wordt daarnaast ook (beperkt) NH_3 gevormd. Bij hogere temperaturen en een hogere pH neemt het aandeel NH_3 toe [24]. De componenten N_2O en NO_x worden niet of nauwelijks gevormd. De reden hiervoor is dat bij anaerobe opslag geen nitrificatie kan optreden. Denitrificatie kan wel optreden, maar er is geen nitraat beschikbaar.

Aangezien het vergistingsproces plaatsvindt onder anaerobe omstandigheden, is het per definitie de bedoeling om het systeem luchtdicht af te sluiten en al het gevormde biogas op te vangen. Hierdoor zijn de emissies beperkt. Echter kunnen er altijd lekkages optreden. Naar inschatting van de geconsulteerde sectororganisaties, voert 30-50 % van de (agro-)industriële vergistingsinstallaties jaarlijks een lekscan uit op de vergistingsinstallatie. Hierbij wordt een IR-camera gebruikt die de aanwezigheid van methaan opspoort. Wanneer methaan ontsnapt via een lek, komen de overige gevormde pollutanten eveneens in de atmosfeer terecht, zij het dan in verhouding ten opzichte van hun aanwezigheid in het biogas. Met het uitvoeren van een methaan lekscan, kunnen dus de emissies van diverse pollutanten opgespoord worden [9, 13]. Of bedrijven ook inspanningen leveren om de eventueel vastgestelde lekken daadwerkelijk op te lossen is niet duidelijk. Wel is het zo dat er een financieel voordeel voor het bedrijf verbonden is aan het oplossen van de vastgestelde lekken. Een lekverlies van een methaanhoudende gasstroom betekent namelijk een verlies van eindproduct uit de installatie en dus een dalend rendement.

3.3.3 Outputstromen

De anaerobe vergisting van organisch materiaal resulteert in twee outputstromen, namelijk biogas en digestaat. Digestaat is een reststroom van zeer traag of onafbreekbaar materiaal, aangereikt met nutriënten. Het digestaat bevat nog veel methanogene bacteriën, waardoor ook na het verlaten van de vergistingsreactor methaan gevormd kan worden. Dit is de zogenaamde navergisting. De navergistingstijd kan ingeperkt worden door het digestaat te beluchten en zo de anaerobe condities te doorbreken, of door nabehandeling van het digestaat. De mogelijke nabehandelingsstappen worden later in deze paragraaf besproken. In massa zal de digestaatreststroom kleiner zijn dan de inputstroom, aangezien de inputstroom gedeeltelijk (10-15 %) werd omgezet in biogas.

Biogas is een mengsel van methaan, koolstofdioxide en een kleine hoeveelheid andere gassen (H_2O , H_2S , NH_3 , etc.). De verhouding CH_4 en CO_2 varieert afhankelijk van de (kwaliteit van de) inputstromen en efficiëntie van de vergisting. Het aandeel CH_4 en CO_2 bedraagt respectievelijk 55-70 Vol % en 30-45 Vol % [25]. De belangrijkste overige gassen en overige gassen die onderwerp zijn van deze studie, komen voor in volgende hoeveelheden [25]:

- N_2 : 0,01 - 5,00 Vol %;
- O_2 : 0,01 - 2,00 Vol %;
- H_2S : 10 - 30.000 mg/ Nm^3 ;
- NH_3 : 0,01 - 2,50 mg/ Nm^3 .

De verbrandingswaarde van biogas ligt lager dan die van aardgas, maar het is nog steeds een waardevolle stroom om te capteren [26]. Door de aanwezigheid van voornamelijk H_2S in het biogas, kan het rechtstreeks gebruiken van biogas zorgen voor schade (corrosie) aan de installatie. Een gepaste nabehandeling is dan ook vereist.

Onderstaand wordt de nabehandeling van zowel digestaat als biogas meer in detail besproken.

Digestaat nabehandeling

De belangrijkste redenen waarom digestaat doorgaans wordt nabehandeld zijn:

- de wetgeving in bepaalde gevallen een verplichte nabehandeling oplegt. Dit is bijvoorbeeld het geval bij GFT-vergisters die verplicht het digestaat moeten composteren;
- de Nitraatrichtlijn beperkingen oplegt aan de hoeveelheid nutriëntrijk digestaat afkomstig van (gedeeltelijke) mestvergisting die afgezet mag worden op landbouwgrond. Bij het rechtstreeks toepassen van dergelijk digestaat bestaat namelijk het risico op uitspoeling van stikstof en andere nutriënten naar waterlopen. Dit risico is kleiner bij gebruik van (nitraathoudende) kunstmeststoffen, waarbij de nutriënten efficiënter door de plant worden opgenomen (zie beschrijving RENURE in volgende paragrafen). Deze kunstmeststoffen worden onder andere geproduceerd vertrekkende van nutriënten gerecupereerd via nabehandeling van digestaat. Wanneer het digestaat een zuiver plantaardige oorsprong kent, speelt de problematiek van nitraatuitspoeling minder, aangezien het stikstofgehalte lager is dan in dierlijke mest of digestaat afkomstig van mest;
- digestaat vaak nog een groot volume water bevat (DS % van 6-10 %), waardoor het transporteren ervan in onbehandelde vorm financieel niet interessant is [27].

Er zijn verschillende nabehandelingsstappen voor digestaat mogelijk. De eerste en meest toegepaste stap is het scheiden van de dikke en dunne fractie aangezien dit de toepassing als meststof vereenvoudigt (op vlak van nutriënteninhoud) en omdat het de verdere behandeling van de afzonderlijke fracties mogelijk maakt. Bij de scheiding van digestaat in een dunne en dikke fractie ontstaat ook een verdeling van de nutriënten.

Stikstof en kalium zijn voornamelijk terug te vinden in de dunne fractie, terwijl fosfaten en koolstof voor het grootste deel naar de dikke fractie gaan [3, 9, 27]. Deze verdeling vereenvoudigt de gerichte toepassing van beide fracties als meststof, aangezien er zowel richtlijnen zijn voor de maximale stikstofconcentratie (bijvoorbeeld Nitraatrichtlijn) als voor de toegelaten fosforconcentratie. Doordat beide nutriënten (voornamelijk) in een verschillende fractie voorkomen, kunnen deze makkelijker gedoseerd worden zonder elkaar te beïnvloeden. Merk hierbij op dat op veel landbouwgronden de fosforafzetruimte limiterend is tegenover de stikstofafzetruimte bij gebruik van digestaat en dat bij fosforbemesting geen onderscheid gemaakt wordt tussen kunst- of dierlijke mest [28]. De verdere behandeling na scheiding bestaat in de meeste gevallen uit:

- dunne fractie:
 - biologische zuivering;
 - ammoniakstripping;
 - omgekeerde osmose;
- dikke fractie:
 - thermisch drogen;
 - bio-thermisch drogen.

De bovengenoemde nabehandelingstechnieken worden in de volgende paragrafen besproken.

Scheiden van digestaatfracties

Voor het scheiden van digestaat bestaan verschillende technieken. In Vlaanderen wordt vaak een centrifuge (scheiding op basis van dichtheid) of vijzelpers (filtratie) toegepast. Door deze behandeling ontstaat een dikke en dunne fractie die duidelijk van elkaar verschillen op vlak van het droge stofgehalte. Zoals eerder toegelicht treedt bij het scheiden van de fracties ook een ongelijke verdeling op van de nutriënten, hetgeen een voordeel oplevert bij het toepassen van digestaat als meststof. Daarnaast biedt het mogelijkheden met betrekking tot het recupereren van nutriënten via de productie van kunstmeststoffen (bijvoorbeeld ammoniakstripping vanuit de dunne fractie).

Zoals aangegeven onder 'Digestaat nabehandeling' is het scheiden van digestaat in een dunne en dikke fractie de meest toegepaste nabehandelingsstap. Zeker 28 van de 34 (agro-)industriële vergisters in Vlaanderen beschikken over een scheidingsstap die het ruwe digestaat scheidt in een dunne en dikke fractie. Ook bij GFT-vergisters wordt het digestaat ontwaterd, waarna het vaste digestaat verder verwerkt wordt [29, 30].

Tijdens het scheiden van digestaat kan ten gevolge van de navergisting CH_4 en NH_3 gevormd worden.

Nabehandelingstechnieken voor dunne fractie

Het doel van de verdere nabehandeling is het creëren van stromen die of hergebruikt kunnen worden, of eenvoudig kunnen worden afgevoerd. Hiervoor worden verschillende technieken gecombineerd. Zoals aangegeven bevat de dunne fractie nog voornamelijk stikstof en kalium. Het is dus zaak om deze nutriënten te verwijderen of op te concentreren.

Met het oog op stikstofverwijdering uit de dunne fractie, wordt biologische verwijdering van stikstof (nitrificatie/denitrificatie) het vaakst toegepast (in 17 van de 34 installaties) [8]. Hierbij wordt de aanwezige ammoniakale stikstof via nitrificatie/denitrificatie omgezet in N_2 -gas dat in de atmosfeer terecht komt. Tijdens dit proces kunnen naast N_2 -gas ook kleine hoeveelheden NO en N_2O gevormd worden [31]. Ten gevolge van de aerobe condities, zal naar verwachting geen vorming van CH_4 en NH_3 plaatsvinden.

Technieken die eerder gericht zijn op het opconcentreren van de nutriënten met het oog op hergebruik en die ook na de biologische verwijdering geplaatst kunnen worden om het effluent verder te behandelen, zijn:

- NH_3 -stripping met behulp van een zure luchtwasser: stoom of lucht wordt door de dunne fractie van het digestaat geblazen, waardoor de ammoniakale stikstof ($\text{NH}_3\text{-N}$) in de gasfase terecht komt. Het verzadigde stripgas wordt vervolgens in contact gebracht met een sterk zure oplossing, waarna ammoniumsulfate of ammoniumnitraat gevormd wordt bij gebruik van respectievelijk zwavelzuur of salpeterzuur. Momenteel zijn er 5 (agro-)industriële installaties in Vlaanderen die ammoniakstripping toepassen [8]. Hoewel recuperatietechnieken zo efficiënt mogelijk bedreven worden om de recuperatie te maximaliseren, zal niet alle NH_3 afgevangen kunnen worden. Hierdoor zal er een (beperkte) vrijstelling van NH_3 zijn in de afgassen. CH_4 wordt niet gerecupereerd met deze techniek en zal dus ook geëmitteerd worden. De hoeveelheid zal echter beperkt zijn doordat de digestaatstroom al eerdere behandelingen heeft doorstaan;
- reversed osmose (RO): deze techniek gebruikt membranen waar enkel water doorheen kan bewegen. Op deze wijze ontstaat een gedemineraliseerd permeaat en een mineraalrijk concentraat [27]. Naar verwachting zijn de luchtmissies bij deze techniek verwaarloosbaar doordat dit enkel kan toegepast worden op een reeds ver gezuiverde stroom.

Wanneer de nabehandelde dunne fractie voldoet aan de kwaliteitseisen van losbaar water, kan het als gezuiverde waterstroom geloosd worden. Let wel, bij uitrijden van de (gezuiverde) dunne fractie afkomstig van mestco-vergisting, is steeds de uitrijregeling van toepassing (die met name voor stikstof maximale concentraties vastlegt) [9, 13, 22].

Het recupereren van de aanwezige nutriënten leidt tot de productie van kunstmestvervangers zoals bijvoorbeeld specifiek voor stikstof RENURE (recovered nitrogen from manure). Deze herwonnen meststoffen hebben een gelijkaardige werking als kunstmeststoffen en hebben dus geen verhoogd risico op nitraatuitspoeling. Bovendien staat deze manier van werken dicht bij een circulair gebruik van

grondstoffen. Vanuit het SAFEMANURE-onderzoek van de Europese Commissie werden criteria opgesteld waaraan deze herwonnen meststoffen moeten voldoen [32].

Nabehandelingstechnieken voor dikke fractie

De dikke fractie van het digestaat wordt bij het grootste deel van de (agro-)industriële vergisters ingedroogd. Hierdoor stijgt het droge stofgehalte, hetgeen resulteert in een stabiel en eenvoudiger te transporteren eindproduct. Voor het drogen kan of de warmte van de WKK gebruikt worden (zie verder), het zogenaamde thermisch drogen, of kan de warmte worden opgewekt met behulp van micro-organismen, het zogenaamde bio-thermisch drogen. De luchttoevoer naar het digestaat zorgt voor de afvoer van vocht, maar ook voor een strippingeffect van de polluenten die tijdens het vergistingsproces of de navergisting gevormd zijn (CH_4 en NH_3). De bijkomende vorming van deze polluenten tijdens het drogen is beperkt, omdat het droogproces zorgt voor een kiemreductie [8, 33]. Specifiek voor het biothermisch drogen (wat in essentie hetzelfde is als composteren) bestaat het risico op N_2O -vorming door de activiteit van aerobe bacteriën, naast de hierboven beschreven effecten [34].

Slechts een klein aantal van de agro-industriële installaties (6 van de 38 in 2021) voert de dikke fractie zonder verdere nabehandeling af. Zoals eerder vermeld is dit minder interessant door het hoge vochtgehalte [35].

Wat de GFT-vergisters betreft, wordt het ontwaterde digestaat verplicht gecomposteerd gedurende minstens vier weken [8]. Tijdens het composteren worden aerobe condities gecreëerd, hetgeen de potentiële navergisting stilt. Het beluchten van de composthoopen kan wel zorgen voor een strippingeffect van het gevormde CH_4 en NH_3 dat nog aanwezig is in het te composteren materiaal. Daarnaast wordt er mogelijk ook N_2O gevormd door de aanwezige aerobe bacteriën [34]. Dit risico ontstaat voornamelijk wanneer een te lage C/N-verhouding is en een beperkte luchttoevoer [4]. De vereiste rond luchttoevoer bij compostering wordt verder toegelicht onder paragraaf 3.3.4.

Biogas nabehandeling

De eerste stap in de nabehandeling van biogas, is het biogas ontdoen van vocht, H_2S en NH_3 . Dit is nodig om schade (corrosie) aan de installatie te voorkomen. Vervolgens kan gekozen worden voor een directe valorisatie met behulp van een warmtekrachtkoppelingsinstallatie (WKK), of het verder opzuiveren tot biomethaan [3].

Rechtstreekse valorisatie van biogas

Veruit de meest gebruikte techniek voor het rechtstreeks valoriseren van biogas is verbranding in een WKK. Een WKK produceert naast groene stroom (circa 40 % van de energie-inhoud) ook groene warmte (circa 50 % van de energie-inhoud) [36]. In 2022 pasten alle 39 (agro-) industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties een WKK toe. Biogas kan ook rechtstreeks verbrand worden in een boiler om warmte te verkrijgen, maar omwille van de energetische voordelen van een WKK-installatie (en de daaraan gekoppelde subsidies) wordt dit niet toegepast door grote (agro-)industriële installaties [8].

De valorisatie van biogas resulteert in luchtmissies van onder andere stof, roet, totaal organische koolstof (TOC), NO_x en CO. Ook zal een kleine fractie van het aanwezige methaan onverbrand naar buiten gevoerd worden met de rookgassen (methaanslip). Deze fractie kan verkleind worden door een hogere verbrandingstemperatuur aan te houden, bijvoorbeeld via een rijker gasmengsel. Echter gaat een hogere verbrandingstemperatuur gepaard met meer NO_x -vorming [3, 37]. Daarnaast heeft de verbrandingstemperatuur een invloed op de hoeveelheid N_2O die gevormd wordt. N_2O ontstaat doordat ammoniak niet volledig geoxideerd wordt [38]. Dit treedt het vaakst op bij een verbrandingstemperatuur van 800 tot 1.200 K [39]. Echter is het aandeel van de gevormde hoeveelheid N_2O beperkt ten opzichte van de overige polluenten (ter referentie, bij de verbranding van aardgas komt ongeveer 3,5 mg $\text{N}_2\text{O}/\text{Nm}^3$ vrij ten opzichte van 125 mg NO_x/Nm^3 in een WKK met een vermogen tussen 20-50 MW [40, 41].) Als er geen nabehandeling van de rookgassen plaatsvindt, worden de polluenten via de uitlaat van de verbrandingsinstallatie geëmitteerd.

Opzuiveren van biogas naar biomethaan

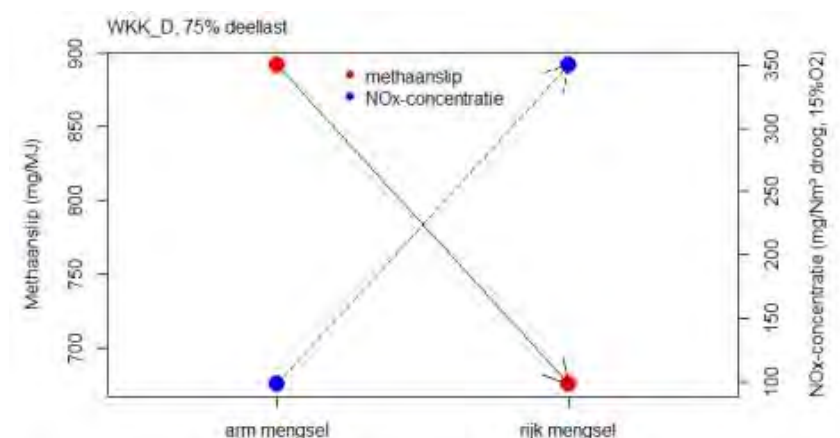
Biogas kan verder opgezuiverd worden tot biomethaan door het te ontdoen van CO_2 . Hierdoor neemt de verbrandingswaarde van het gas toe en kan het geïnjecteerd worden in het aardgasnet. De drie meest gebruikte technieken binnen de Europese Unie voor de verwijdering van CO_2 zijn membraanfiltratie (39 %), adsorptie in water (22 %) en chemische scrubbing (18 %). Afhankelijk van de gekozen techniek (en eventuele nabehandeling van de uitgaande gasstroom), wordt naast CO_2 ook een bepaalde hoeveelheid CH_4 geëmitteerd. Echter blijken deze verliezen op basis van recent uitgevoerde studies zeer beperkt (0,0 tot 3,8 % van de totale biomethaanproductie). In Vlaanderen wordt momenteel uitsluitend membraanfiltratie toegepast, wat zorgt voor een methaanemissie van 0,4 tot 0,7 % ten opzichte van de geproduceerde hoeveelheid biomethaan [8, 42, 22].

Het opzuiveren van biogas is nog geen veel voorkomende praktijk in Vlaanderen. Momenteel zijn binnen de scope van deze studie slechts twee installaties die biogas verder opzuiveren. Dit zijn de GFT-vergisters IOK en Verko (er is een derde installatie in Vlaanderen, zijnde de RWZI-vergistingsinstallatie van Aquafin in Antwerpen Zuid, maar deze wordt niet beschouwd in deze studie). Sinds eind 2018 staat naast de GFT-vergister van IOK een biomethaaninstallatie waarmee biogas wordt opgezuiverd tot biomethaan. Het geproduceerde biomethaan wordt geïnjecteerd in het lokale gasnet. In 2022 heeft Verko geïnvesteerd in een biomethaaninstallatie naast hun GFT-vergistingsinstallatie, dewelke ingezet kan worden voor de productie van bio-CNG. Bio-CNG wordt geproduceerd door zuiver biomethaan te comprimeren. Bio-LNG wordt momenteel niet geproduceerd in Vlaanderen [8, 42].

3.3.4 Onderlinge relaties tussen de vorming van pollutanten

De vorming van bepaalde pollutanten kent soms een omgekeerd evenredig verband, waarbij de procesparameters gunstig zijn om de vorming van de ene pollutant te verminderen, maar resulteren in een verhoogde vorming van de andere pollutant. Een voorbeeld hiervan is de relatie tussen CH_4 en NO_x bij verbranding van brandstof in een WKK. Hierbij is het zo dat een hogere verbrandingstemperatuur zorgt voor een vollediger verbranding van CH_4 , maar tegelijk ook zorgt voor meer NO_x -vorming. VITO heeft recent in opdracht van VEKA onderzoek gedaan naar methaanslip bij WKK's, waarbij drie WKK's en één bio-WKK zijn bemeten. Een deel van dit onderzoek ging na wat de invloed was van een rijker of armer brandstofmengsel op de CH_4 - en NO_x -concentraties in de rookgassen. Dit onderzoek bevestigt het omgekeerd evenredig verband tussen CH_4 en NO_x , hetgeen grafisch wordt weergegeven in Afbeelding 3.2. De methaanslip daalt wanneer van een arm naar een rijk brandstofmengsel wordt overgegaan, terwijl de NO_x -concentratie stijgt. De onderzoekers geven aan dat een rijker brandstofmengsel leidt tot een hogere verbrandingstemperatuur, wat zorgt voor een vollediger verbranding van methaan, maar dat deze hogere temperatuur tegelijk ook zorgt voor meer (thermische) NO_x -vorming [37]. Deze processen doen zich ook voor in een bio-WKK. Het omgekeerde verband tussen CH_4 - en NO_x -emissies wordt dus ook verwacht bij de valorisatie van biogas.

Afbeelding 3.2 Methaanslip en NO_x -concentratie in de rookgassen van een aardgasgestookte WKK (2 MWth vermogen en 75 % deellast) bij gebruik van een arm en rijk brandstofmengsel [37]



De onderzoekers stelden tijdens het onderzoek nog enkele andere factoren vast die de methaanslip kunnen reduceren:

- de methaanslip neemt af met toenemend vermogen van de WKK;
- de methaanslip is lager bij draaien op vollast dan bij draaien op deellast;
- het beperken van het aantal start- en stopcycli beperkt het aantal kortstondige methaanpieken.

De bovenstaande conclusies zijn gebaseerd op een klein aantal installaties, waardoor het onmogelijk is om op basis van deze resultaten algemene reductiecijfers toe te kennen aan de vermelde factoren.

Een ander verband tussen pollutanten treedt op bij het composteren van digestaat. In het digestaat zijn nog veel anaerobe micro-organismen aanwezig die door hun activiteit zorgen voor een navergisting en vorming van gereduceerde pollutanten (CH_4 en NH_3). Bij het composteringsproces zijn echter aerobe condities vereist, waardoor het gecomposteerde digestaat voldoende belucht moet worden. Door de toevoer van voldoende zuurstof wordt de navergisting stopgezet en zal dus ook de emissie van CH_4 en NH_3 afnemen. De keerzijde hiervan is dat er potentieel N_2O wordt gevormd door de aerobe micro-organismen. Dit risico ontstaat voornamelijk wanneer een te lage C/N-verhouding is in combinatie met een beperkte luchttoevoer [4]. Echter heeft een te grote toevoer van lucht ook nadelige effecten door het afkoelen van de compost en mogelijk verlies van water. Om de N_2O -emissie laag te houden en de nadelige effecten te beperken, wordt dagelijks bij voorkeur 50 tot 150 m^3 lucht per m^3 compost (1,2 $\text{kg O}_2/\text{m}^3/\text{d}$) voorzien. De zuurstoftoevoer naar compost kan zowel passief als actief gebeuren. Actieve beluchting maakt het makkelijker om een grote hoeveelheid zuurstof aan te voeren en laat ook preciezere sturing toe [43].

3.4 Toekomstige evoluties binnen de biogassector

De Vlaamse biogassector is continu in beweging. Onderstaand worden de verwachte toekomstige evoluties toegelicht. Deze hebben vooral betrekking op de in- en outputstromen en minder op de procesvoering zelf.

Momenteel legt artikel 6.1.16 van het Energiebesluit duurzaamheidscriteria op aan de grondstoffen die in vergistingsinstallaties worden gebruikt. Deze duurzaamheidscriteria dienen ook als vereiste voor de toekenning van groene stroomcertificaten en zijn onder meer gelinkt aan een minimale broeikasgasreductie. De broeikasgasreductie wordt berekend op basis van de gebruikte inputstromen en meer bepaald hun CO_2 -intensiteit. Momenteel geldt voor vergistingsinstallaties een vereenvoudigd certificatiesysteem voor het aantonen van biomassakenmerken, waardoor deze berekening niet moet worden uitgevoerd. Er wordt namelijk verondersteld dat de installaties voldoen aan de vereiste broeikasgasreductie (met name CO_2) wanneer zij grondstoffen gebruiken die voldoen aan de duurzaamheidscriteria (onder andere biomassa-reststromen/-residuen). In de laatste versie van de Renewable Energy Directive (RED II) legde de Europese Commissie vast dat de vereiste broeikasgasreductie voor vergistingsinstallaties die financiële steun ontvangen zal verstrengen in de komende jaren. Wanneer de installaties niet voldoen aan de vereiste broeikasgasreductie, worden ze niet als hernieuwbare energiebron aanzien en worden ze ook niet als dusdanig meegeteld in de nationale statistieken. Energiegewassen hebben een hogere CO_2 -intensiteit dan andere inputstromen, waardoor verwacht wordt dat het gebruik zal afnemen. De CO_2 -berekening is niet zo gedetailleerd dat onderscheid wordt gemaakt tussen de verschillende type energiegewassen, mest of OBA [22].

Een andere verwachte evolutie op het vlak van inputstromen, heeft betrekking op de beschikbaarheid van OBA. Zoals eerder aangegeven zijn OBA interessante afvalstromen om te vergisten, omdat ze zorgen voor een grote broeikasreductie. Vergistingsinstallaties uit landen of regio's met een financieel sterkere biogassector, deels te danken aan en/of opgebouwd door meer overheidssteun, kunnen op de internationale markt deze interessante inputstromen opkopen. Ook vanuit Vlaanderen worden zo belangrijke hoeveelheden OBA afgevoerd naar elders [13]. Het produceren van biogas door vergisting van OBA heeft een positief effect op de CO_2 -balans van de betreffende landen/regio's. Echter zijn er ook negatieve effecten. Zo zorgen de transporten geassocieerd met de afvoer van OBA voor extra emissies van broeikasgassen. Daarnaast wordt het in Vlaanderen en eventueel andere landen/regio's van afvoer moeilijker om te voldoen aan de duurzaamheidscriteria en groene stroomcertificaten te ontvangen voor vergisting. Wanneer de

vergistingsactiviteiten vervolgens afnemen doordat het niet meer rendabel is, wordt een minder groot deel van de energiebehoefte op deze manier ingevuld. Dit deficit zal waarschijnlijk door fossiele brandstoffen worden opgevangen, hetgeen resulteert in een toename van de broeikasgasemissie.

Zoals vermeld onder paragraaf 3.3.3 neemt de interesse voor het bijkomend recupereren van waardevolle nutriënten uit het digestaat toe. Het recupereren van grondstoffen is één van de hoofddoelen van de circulaire economie en zal in de toekomst dus steeds vaker plaatsvinden. Zo kan bijvoorbeeld stikstof gerecupereerd worden als een zuivere meststof via ammoniakstripping van de dunne fractie. Recent wordt ook de mogelijkheid onderzocht om fosfor te recupereren uit de dikke fractie via een zure wassing en opzuivering van het loog [13, 27]. Een dergelijke opwaardering van het digestaat binnen de site van een vergistingsinstallatie leidt tot bijkomende emissies op de site, maar reduceert de emissies in zijn globaliteit (wanneer ook de emissies buiten de site meegenomen worden) [13]. Dit wordt onder andere onderstreept door onderzoek zoals het SAFEMANURE-project dat criteria uitwerkt voor het gebruik en de vereisten van gerecupereerde stikstofmeststoffen (RENURE) [32]. Door de productie van gerecupereerde kunstmeststoffen op basis van digestaat of dierlijke mest kan niet alleen het digestaat- en mestprobleem verkleinen, maar kan ook een duurzaam alternatief gecreëerd worden voor kunstmest geproduceerd uit fossiele brandstoffen [27].

Zowel de voorbehandeling van inputstromen als de nabehandeling van digestaat gebeurt volgens de vereisten in VLAREM (zie paragraaf 2.3) in een gesloten omgeving met onderdruk waarvan de afgezogen luchtstroom behandeld wordt in een zure wasser en biofilter (hoewel via de omgevingsvergunning uitzonderingen toegelaten worden). Voor GPBV-bedrijven geldt sinds augustus 2022 bovendien een meetverplichting van de geleide luchtmissies. Naar verwachting zal ten gevolge van deze nieuwe meetverplichting ook meer aandacht besteed worden aan het naleven van de technische vereisten die worden opgelegd in de BBT-studies of de omgevingsvergunning.

Door de recente energiecrisis is de interesse in het opwerken van biogas tot biomethaan en bio-CNG/bio-LNG toegenomen. Echter maakt de onzekerheid rond de continuïteit van exploitatievergunningen dat bedrijven afwachtend zijn om te investeren in deze technologie. De verwachting is dat bedrijven in praktijk zullen opteren voor een hybride systeem waarbij een deel van het geproduceerd biogas gevaloriseerd wordt in een WKK om te voorzien in de eigen energie- en warmtebehoefte, terwijl het overschot wordt opgezuiverd tot biomethaan en/of bio-CNG en/of bio-LNG [36].

3.5 Overzicht gevormde pollutanten en BKG

De voorgaande paragrafen beschrijven de werking van vergistingsinstallaties in Vlaanderen. Hierbij worden de verschillende processtappen toegelicht, samen met de gevormde pollutanten en broeikasgassen die binnen dit bestek beschouwd worden. In Tabel 3.1 wordt deze informatie samengevat en een overzicht gegeven van de besproken processtappen en de hieraan geassocieerde potentiële luchtmissies. In Hoofdstuk 4 wordt besproken hoe deze indeling kan worden gebruikt in de context van de Vlaamse EIL.

De emissies van zowel de digestaat- als biogasnabehandeling zijn sterk afhankelijk van de doorgedrevenheid van de nabehandeling. Wanneer binnen de site van de vergistingsinstallatie verschillende nabehandelingstappen plaatsvinden om tot hoogwaardige eindproducten te komen, liggen de emissies hoger dan wanneer het digestaat vrijwel onbehandeld wordt afgevoerd naar het buitenland. Echter zullen de emissies in dat tweede geval alsnog vrijkomen, zij het dan op een andere locatie en mogelijk onder minder gecontroleerde omstandigheden. Hierdoor kan de totale emissie in dit tweede geval hoger liggen [13].

Tabel 3.1 Samenvatting van de gevormde polluenten en broeikasgassen per processtap binnen een vergistingsinstallatie

Processtap	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NH ₃
opslag en voorbehandeling grondstoffen	x			x
anaerobe vergisting	x			x
opslag digestaat	x			x
digestaat nabehandeling				
composteren van ongescheiden digestaat	x	x		x
scheiden dikke en dunne fractie	x			x
biologische N-verwijdering dunne fractie		x	x	
NH ₃ -stripping dunne fractie	x			x
omgekeerde osmose				
drogen dikke fractie	x	x		x
biogas nabehandeling				
biogas valorisatie (WKK)	x	x	x	
biogas opwerken	x			

4

EMISSIE-INVENTARISATIE

In de voorgaande hoofdstukken is er toelichting gegeven over het wetgevend kader, de verplichtingen, de stand van zaken en de verwachte evoluties in de Vlaamse biogassector. Dit hoofdstuk gaat dieper in op de manier waarop emissies (afkomstig van de vergistingsinstallaties) geïnventariseerd worden binnen de 'emissie-inventaris lucht' (EIL). Deze EIL wordt jaarlijks opgemaakt door de VMM en inventariseert de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen afkomstig van een aantal maatschappelijke en industriële activiteiten in Vlaanderen. Emissies uit de biogassector maken hier dus onderdeel van uit. Bij het inventariseren maakt de VMM zowel gebruik van eigen verzamelde data, als data aangeleverd door andere instanties zoals VEKA en de VLM. De EIL wordt ook gebruikt voor rapportage rond emissies op Belgisch en Europees niveau. In onderstaande paragrafen wordt eerst een overzicht gegeven van de huidige manier van werken. Daarna wordt op basis van de verzamelde informatie en inzichten een verbeterd voorstel uitgewerkt om de emissies van agro-industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties in te schatten.

Zowel in Hoofdstuk 4 als de verdere hoofdstukken kunnen de gegevens betreffende het aantal vergistingsinstallaties van een bepaald type verschillen van de gegevens vermeld in Hoofdstuk 3. De reden hiervoor is dat bij de opstart en tijdens het grootste deel van de uitvoering van deze studie, 2021 het meest recente jaar was waarvoor alle gegevens (biogas-E rapport, IMJV data, emissiemetingen, etc.) beschikbaar waren. Er is voor gekozen om enkel de stand van zaken in Hoofdstuk 3 aan te passen volgens de gegevens uit 2022 en voor het overige het 'totaal pakket' van 2021 te hanteren. Dit doet namelijk niets af aan de bevindingen.

Zoals beschreven in onderstaande paragrafen berust de huidige emissie-inventarisatie deels op het EMAV-emissiemodel. Bij de opstart en tijdens het grootste deel van de uitvoering van deze studie werd de beschrijving opgemaakt uitgaande van de modelversie EMAV2.1. Zonder verdere specificatie wordt in het verdere verloop van deze studie steeds EMAV2.1 bedoeld. Tijdens de uitvoering van deze studie werd echter EMAV3.0 uitgewerkt. Wanneer specifiek naar deze versie wordt verwezen, wordt dit steeds aangegeven.

4.1 Huidige emissie-inventarisatie binnen de EIL

Een belangrijke bron van emissiedata voor het opmaken van de EIL, is het integraal milieujaarverslag (IMJV) dat door bepaalde bedrijven jaarlijks wordt ingediend. Aanvullend worden de emissies van bedrijven die geen IMJV indienen of pollutanten waarvoor geen emissies gerapporteerd is naar best vermogen geschat. Onderstaand wordt het IMJV en de emissie-inventarisatie in meer detail besproken vanuit het oogpunt van de vergistingsinstallaties. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de broeikasgassen en luchtverontreinigende pollutanten.

4.1.1 IMJV

Het integraal milieujaarverslag (IMJV) - deel lucht - moet jaarlijks ingediend worden door bedrijven die pollutanten emitteren boven een bepaalde drempelwaarde voor de emissiejaarvracht (zie Bijlage II) en bevat de jaarlijkse emissie van deze pollutanten op basis van onder andere periodieke metingen. Wanneer de emissie van een bepaalde pollutant drie opeenvolgende jaren onder de respectievelijke drempelwaarde ligt, moet de jaarlijkse emissie van deze pollutant niet langer gerapporteerd worden. Het IMJV is de belangrijkste

bron aan emissiegegevens waarop de VMM beroep kan doen bij het opstellen van de EIL voor industriële activiteiten.

In de vertrouwelijke Bijlage II wordt een overzicht gegeven van de IMJV-emissiedata gerapporteerd door vergistingsinstallaties voor de periode van 2015 tot en met 2021. Hierin staan de jaarlijkse emissies van de gerapporteerde polluenten weergegeven, alsook de door het Emissiemodel Ammoniak Vlaanderen (EMAV2.1) berekende jaarlijkse NH₃-emissie (zie verder). Of een bedrijf al dan niet een IMJV-rapport moet indienen, hangt af van de emissievracht ten opzichte van de rapporteringsdrempelwaarde (DW). Bedrijven waarvan de emissies van bij de opstart onder de DW liggen of bedrijven waarvan de emissies gedurende drie opeenvolgende jaren onder de DW liggen, zijn vrijgesteld van de rapportageverplichting.

In 2021 moesten drie van de 39 vergistingsinstallaties in Vlaanderen een IMJV indienen. De gerapporteerde emissies vertonen een dalende trend, waardoor de mogelijkheid bestaat dat na het rapportagejaar 2023 geen enkele van de installaties nog een IMJV indient. Dit zou betekenen dat een potentiële bron van informatie rond emissies niet meer bruikbaar is.

Wat de gerapporteerde NH₃-emissie betreft, blijkt dat deze in veel gevallen significant verschillen van de berekende NH₃-emissie via het EMAV-model. Aangenomen dat de gerapporteerde NH₃-emissie in het IMJV de totale emissie van het bedrijf is, zou een lager berekende emissie via EMAV in een aantal gevallen verklaard kunnen worden door het uitvoeren van activiteiten die niet worden meegenomen in het EMAV-model en het gegeven dat in het EMAV-model enkel dierlijke mest in beschouwing wordt genomen. Wanneer de berekende NH₃-emissie hoger ligt dan de gerapporteerde emissie, zou het EMAV-model de NH₃-emissie van het bedrijf mogelijk overschatten. Een mogelijke oorzaak zijn de toegepaste vereenvoudigingen in het model. Het EMAV-model berekent naast de NH₃-emissie per landbouwexploitatie ook de NH₃-emissie door de mestverwerkingsinstallaties en dit door het in rekening brengen van de N-input, verwerkingstechniek en emissiefactor. Net zoals bij de landbouwexploitaties zijn de inputdata (N-stroom en mestverwerkingstechnieken) afkomstig van de mesttransporten en de mestbankaangiften zoals geïnventariseerd door de Mestbank van de Vlaamse Landmaatschappij (VLM). De gehanteerde emissiefactor hangt af van de mestverwerkingstechniek:

- biologie: 0,0005 kg NH₃-N/kg N-input;
- composteren: 0,0563 kg NH₃-N/kg N-input;
- vergisten: 0,0005 kg NH₃-N/kg N-input.

De vereenvoudiging van het EMAV-model bestaat erin dat per mestverwerker slechts één mestverwerkingstechniek in rekening gebracht kan worden. De reden hiervoor is dat de Mestbank enkel de totale hoeveelheid verwerkte dierlijke mest per bedrijf kent en geen verdere opdeling maakt naar de verschillende aanwezige technieken op het bedrijf. Indien meerdere technieken aanwezig zijn, zal de techniek biologie (1°) primeren boven composteren (2°) en vergisten (3°). Deze prioriteit is bepaald op basis van het algemeen voorkomen van de technieken in Vlaanderen. Wanneer een bedrijf in de praktijk voornamelijk vergisting toepast en in beperkte mate compostering, wordt compostering toch als enige activiteit beschouwd. Dit heeft een overschatting van de NH₃-emissies tot gevolg, aangenomen dat de emissiefactoren een correcte weerspiegeling zijn van de werkelijke emissies. Bijkomend beschikt de mestbank niet over data omtrent het al of niet aanwezig zijn van emissiereducerende maatregelen op het mestverwerkingsbedrijf. Er worden bij de berekeningen in het EMAV-model dan ook geen emissiereducerende maatregelen doorgerekend.

Ook wanneer een mestverwerker een IMJV indient, is het niet deze gerapporteerde NH₃-emissie die gebruikt wordt bij het opmaken van de inventaris. De emissie-inventaris maakt namelijk altijd gebruik van de in het EMAV-model berekende waarde. De reden hiervoor is dat de NH₃-emissies van zowel de bedrijven die een IMJV indienen als de bedrijven waarvoor dit niet verplicht is op dezelfde manier geïnventariseerd worden.

Uit bovenstaande toelichting volgen volgende conclusies:

- door het beperkt aantal bedrijven dat een IMJV indient, is slechts weinig bruikbare informatie via de IMJV's voor het inschatten van de emissies afkomstig van de beschouwde installaties;
- voor de broeikasgassen CH₄ en N₂O worden geen emissiegegevens gerapporteerd via het IMJV;

- gezien de toegepaste vereenvoudigingen in het EMAV-model en bijgevolg de significante verschillen met de gemeten emissies die gerapporteerd worden in het IMJV, kan het toepassen van deze laatste in plaats van de EMAV-data een significante verbetering van de EIL betekenen. Echter is het IMJV beperkt als bron aan meetgegevens en is de toekomstige waarde voor wat betreft vergistingsinstallaties onzeker.

4.1.2 Broeikasgasemissies

Voor wat betreft de broeikasgasemissies afkomstig van vergistingsinstallaties, worden momenteel enkel de energetische emissies beschouwd binnen de EIL. De energetische emissies zijn de geleide emissies gerelateerd aan het verbruiken van een bepaalde hoeveelheid energie (biogas). Eventuele diffuse broeikasgasemissies worden op heden niet ingeschat binnen de EIL. Deze worden in het IMJV niet opgegeven. De broeikasgassen (BKG) die meegenomen worden in de nationale emissietotalen zijn CH₄ en N₂O.

De energetische emissies worden berekend op basis van energieverbruiken opgenomen in de energiebalans en de emissiefactoren vermeld in de IPCC 2006 richtlijnen Chapter 2 (Tabel 2.4 'commercial/institutional' en Tabel 2.5 'residential/agriculture'):

- CH₄: 5 ton/PJ;
- N₂O: 0,1 ton/PJ.

De energiebalans wordt jaarlijks opgemaakt door VEKA en aangeleverd aan de VMM.

4.1.3 Luchtverontreinigende polluenten

Bij het inventariseren van de luchtverontreinigende polluenten binnen de EIL worden zowel energetische als niet-energetische emissies afkomstig van vergistingsinstallaties meegenomen. Rekening houdend met de polluenten die beschouwd worden binnen voorliggende studie, zijn zowel NO_x als NH₃ relevant binnen de energetische emissies en enkel NH₃ binnen de niet-energetische emissies.

Wat de energetische emissies betreft, worden de emissiefactoren uit het EMEP EEA Guidebook 2019 NFR 1.A.1 (Tabel 3.17 'Tier 2 emission factors for source category 1.A.1.a, gas turbines using gaseous fuels') gebruikt:

- NO_x: 48 ton/PJ;
- NH₃: geen emissiefactor vermeld.

Ook hier wordt de energiedata uit de energiebalans, opgemaakt door VEKA, gebruikt voor het berekenen van de uiteindelijke emissie.

De niet-energetische NH₃-emissies worden berekend met het EMAV-model. Momenteel wordt het model via een studie uitgebreid zodat ook de niet-energetische N₂O-, NO_x- en CH₄-emissies berekend kunnen worden. De manier waarop het EMAV-model de NH₃-emissies berekent, werd reeds toegelicht in paragraaf 4.1.1. De vereenvoudigde methodiek voor de NH₃-emissie berekening van de mestverwerkers wordt niet gewijzigd.

4.1.4 Conclusies

Met betrekking tot de huidige inventarisatie zijn volgende conclusies te trekken:

- voor de opmaak van de EIL worden default emissiefactoren gebruikt;
- er worden geen diffuse CH₄-emissies beschouwd in de inventaris. Naar verwachting kunnen deze wel optreden door de aanwezigheid van lekkages en overdrukventielen (enkel in geval van nood) in de vergistingsinstallatie en vanuit de opslag en behandeling van zowel inputstromen als digestaat;
- de berekening van de niet-energetische NH₃-emissies met het EMAV-model houdt enkel rekening met de ingaande hoeveelheid dierlijke mest (N-inhoud) en één mestverwerkingstechniek. NH₃-reducerende

maatregelen worden niet in rekening gebracht. De voornaamste redenen hiervoor zijn dat noch de overige inputstromen (energiegewassen, plantaardige afvalstomen), noch de reducerende maatregelen bij de mestbank gekend zijn (deze zijn niet opgenomen in de mestbankaangifte) en dat de N-inhoud van de dierlijke mest verwerkt per mestverwerkingstechniek voor een specifieke mestverwerker niet gekend is. Dit heeft als gevolg dat de niet-energetische NH₃-emissie van de kleine en grote vergistingsinstallaties met EMAV berekend wordt op respectievelijk slechts 27,2 % en 15,2 % van de totaal Vlaamse N-inputstroom. Dit percentage is berekend uitgaande van de standaard samenstelling van de inputstromen gehanteerd door VEKA (zie paragraaf 3.3.1).

4.2 Nieuwe inventarisatie strategie

In deze paragraaf wordt een voorstel uitgewerkt met als doel het nauwkeuriger inventariseren van emissies afkomstig van vergistingsinstallaties. Om te beginnen worden de bevindingen uit het vooronderzoek samengevat. Hier worden ook de te verwachte emissies per processtap weergegeven. Vervolgens wordt toegelicht hoe de emissies kunnen worden ingeschat.

4.2.1 Vereenvoudigingen en opdeling installaties

In deze paragraaf wordt een voorstel uitgewerkt met als doel het nauwkeuriger inventariseren van emissies afkomstig van vergistingsinstallaties. Om te beginnen worden de bevindingen uit het vooronderzoek samengevat. Hier worden ook de te verwachte emissies per processtap weergegeven. Vervolgens wordt toegelicht hoe de emissies kunnen worden ingeschat.

4.2.2 Emissies per processtap

Deze paragraaf combineert de toelichting over de wettelijke verplichtingen rond de procesvoering (Hoofdstuk 2), de gevormde pollutanten en broeikasgassen per processtap (paragraaf 3.5) en de opdeling van de installaties (paragraaf 4.2.1) en zegt iets over waar welke pollutanten en/of broeikasgassen effectief geëmitteerd worden. Hierbij wordt soms verwezen naar de beschikbare emissiegegevens en -factoren, die in detail besproken worden in Hoofdstuk 6. Onderaan deze paragraaf vat Tabel 4.1 de processtappen en verwachte emissies in de Vlaamse context samen.

Deel 1 van de vergistingsinstallatie

In dit deel van de vergistingsinstallatie worden volgende processtappen samen beschouwd:

- opslag inputstromen;
- voorbehandeling inputstromen;
- anaerobe vergisting;
- opslag digestaat.

De potentiële methaanvorming tijdens de opslag van inputstromen hangt af van het type inputstroom. Vaste substraten (bijvoorbeeld kuilvoer) geven minder aanleiding tot (significante) methaanproductie dan bijvoorbeeld rundermest. De lage pH (verzuring) die ontstaat door afbraak van organische materialen in het substraat verhindert dit. In de mest daarentegen, zijn methanogene bacteriën aanwezig die aanleiding geven tot methaanproductie tijdens de opslag [44] [18]. Daarnaast is in mest relatief meer stikstofhoudend materiaal aanwezig dan bij andere inputstromen (zie verder in Tabel 6.1), wat bij anaerobe condities tijdens de opslag aanleiding geeft tot NH₃-vorming [45, 46]. Er bestaat dan een risico op vrijstelling tijdens het mengen van deze inputstroom bij de andere inputstromen [3]. Ook het mengen van vers substraat met digestaat, een voorbehandeling met als doel het aanpassen van de karakteristieken die nodig zijn voor de feed-in technologie (voornamelijk pompen), geeft aanleiding tot methaanvorming [18]. De anaerobe vergisting van de inputstromen zorgt voor de vorming van CH₄ en NH₃. Ook tijdens de anaerobe opslag van digestaat kunnen CH₄ en NH₃ in mindere mate gevormd worden. Onder anaerobe condities wordt geen N₂O gevormd. De reden hiervoor is dat N₂O wordt gevormd als tussenproduct van de oxidatie van ammonium

richting nitraat, hetgeen een zuurstofvereisend proces is. In afwezigheid van zuurstof treedt geen nitrificatie op. Denitrificatie kan wel optreden, maar er is geen nitraat beschikbaar. Daarom wordt aangenomen dat de emissie van N_2O verwaarloosbaar is. Voor NO_x geldt dezelfde aanname.

Of de gevormde pollutanten en broeikasgassen ook effectief in de atmosfeer terecht komen, wordt sterk bepaald door de procesvoering. Zoals beschreven in paragraaf 2.3, geldt volgens VLAREM de verplichting om de opslag en voorbehandeling van inputstromen en de opslag van digestaat uit te voeren in een afgesloten ruimte in onderdruk. De afgezogen lucht moet vervolgens behandeld worden met een zure wasser gevolgd door een biobed. Daarnaast kan worden aangenomen dat de vergistingsreactor luchtdicht is om de efficiëntie van het vergistingsproces te garanderen. Dit maakt dat het gevormde CH_4 en NH_3 enkel geëmitteerd wordt als restemissie via het geleide emissiepunt van de luchtbehandelingsinstallaties. Het optreden van diffuse emissies bij het uitvoeren van handelingen is mogelijk, maar bij een normale procesvoering zijn deze beperkt ten opzichte van de totale emissie.

Echter leert de praktijk dat regelmatig afwijkingen worden toegestaan waarbij inputstromen toch niet in een afgesloten ruimte moeten worden opgeslagen en dat vergistingsreactoren lekkages kunnen vertonen. De uitzondering voor de opslag van inputstromen heeft in veel gevallen betrekking op de opslag van kuilvoer. Dit type inputstroom kent een veel beperktere methaanproductie tijdens de opslag dan bijvoorbeeld mest en andere vloeibare inputstromen. Door de lage pH-waarde (< 5) veroorzaakt door het melkzuur dat geproduceerd wordt tijdens het inkuilproces, wordt het methaanvormingsproces namelijk onderdrukt (methanogene bacteriën hebben een pH-waarde boven 6,5 nodig). Metingen bij 8 bedrijven wijzen op een CH_4 -emissie van 0,0007 % van de uiteindelijk verbruikte hoeveelheid CH_4 . Daarbij wordt de emissie bijkomend beperkt door toepassing van een gasdichte folie waarbij enkel de snijzone in contact staat met de atmosfeer [18]. De afwijkingen die de vergunningverlenende overheid toestaat voor de opslag van inputstromen in open lucht zorgen bijgevolg niet voor een significante toename van de CH_4 -emissie.

Wat de lekkages vanuit de vergistingsreactor betreft, is de oorzaak vaak te zoeken bij de rubberen afdichting van vergisters. Het kan zowel gaan over kleine lekken in het membraan zelf, als lekken door een slechte verbinding en dichting tussen het membraan en de rand van de reactor. In veel gevallen laat de rubberen afdekking sowieso een zekere diffusie van methaan toe. Deze lekken zijn de reden dat in de literatuur gewezen wordt op het belang van lek-monitoring [18]. Naast de lekken via de rubberen afdekking, kunnen ook emissies optreden via het overdrukventiel. Gezien de functie van dergelijk ventiel, komen emissies enkel voor indien zich een potentieel gevaarlijke situatie voordoet die niet via de fakkels verholpen kan worden. Enkele cijfers van methaanemissiemetingen uit andere onderzoeken schetsen de omvang van deze lekken. De meeste lekken zijn beperkt en situeren zich tussen 0,001 en 0,055 % van de geproduceerde hoeveelheid methaan. De methaanemissie ter hoogte van een uitzonderlijk groot lek, een slecht afgesloten flens, bedroeg 5 % van de geproduceerde hoeveelheid methaan [18].

In IPCC 2006, Vol 5, Chapter 4, wordt aangegeven dat de CH_4 -emissies vanuit de vergistingsinstallaties ten gevolge van onbedoelde lekkages door processtorings of andere onverwachte gebeurtenissen 0 tot 10 % bedragen ten opzichte van de geproduceerde hoeveelheid CH_4 . Wanneer geen bedrijfsspecifieke gegevens beschikbaar zijn, wordt aangeraden om uit te gaan van 5 % als default emissiefactor. Echter, wanneer de technische normen voor biogasinstallaties garanderen dat onbedoelde CH_4 -emissies worden afgefaakt, zijn de CH_4 -emissies verwaarloosbaar. Ook wordt aangenomen dat de N_2O -emissies uit het proces verwaarloosbaar zijn. In IPCC 2006, Vol 5, Chapter 4 wordt aanvullend gesteld dat 'de emissies gedurende de mechanische handelingen verwaarloosbaar verondersteld kunnen worden'.

Deel 2 van de vergistingsinstallatie

Het tweede deel van de vergistingsinstallatie omvat alles wat de digestaatnabehandeling betreft en biogasvalorisatie en -opwerking. De toegepaste technieken (zie Hoofdstuk 3) en dus ook de potentieel geëmitteerde pollutanten (zie Tabel 3.1) kunnen sterk verschillen tussen bedrijven.

Digestaatnabehandeling

Bij het uitvoeren van bepaalde nabehandelingstechnieken worden bijkomende pollutanten en/of broeikasgassen gevormd. In een aantal nabehandelingen gaat het over de vorming van gereduceerde componenten (CH_4 en NH_3) ten gevolge van navergisting, terwijl in andere nabehandelingen de aerobe

condities zorgen voor de vorming van geoxideerde componenten (N₂O en NO_x). Daarnaast kan het beluchten van digestaat er ook voor zorgen dat de reeds aanwezige gassen bijkomend vrijkomen.

Om te voorkomen dat de gevormde pollutanten en broeikasgassen daadwerkelijk in de atmosfeer terecht komen, worden bepaalde maatregelen getroffen. Zo vindt in Vlaanderen de na-compostering in de meeste gevallen plaats in een afgesloten ruimte waarvan de afgezogen lucht wordt behandeld [12]. Echter zijn er zeker nog digestaatnabehandelingstechnieken waarbij de emissies rechtevrees in de atmosfeer terechtkomen, denk bijvoorbeeld aan de biologische stikstofverwijdering.

Biogasvalorisatie (WKK)

Bij het valoriseren van biogas in een WKK kunnen methaanemissies optreden door lekkage ter hoogte van de motor of het leidingwerk, maar vooral ten gevolge van methaanslip. Methaanslip is het gevolg van een onvolledige verbranding. Internationaal, maar ook in Vlaanderen, zijn recent studies uitgevoerd naar methaanemissies ten gevolge van methaanslip. Naast de methaanemissie, gaat het verbranden van biogas in een WKK ook gepaard met (energetische) NO_x-emissies. Op heden gaat de VMM bij het opmaken van de emissie-inventaris uit van N₂O-vorming bij de verbranding van biogas in een WKK. Naar verwachting is deze bijdrage zeer beperkt te noemen. Dit wordt ook ondersteund door het feit dat VLAREM geen emissiegrenswaarde oplegt voor N₂O uit verbranding van biogas in een WKK of stookinstallatie. N₂O wordt dan ook niet meegenomen bij het uitvoeren van emissiemetingen.

Biogasopwerking

Het opwerken van biogas tot biomethaan kan aanleiding geven tot methaanemissies. Er komt namelijk altijd een bepaald percentage methaan in het afgas terecht. Door nabehandeling van het afgas, bijvoorbeeld met een biofilter, kan de hoeveelheid methaan echter wel worden teruggebracht tot een verwaarloosbaar percentage.

Samenvatting emissie per processtap

Tabel 4.1 vat de potentiële emissies per processtap samen. Deze tabel is een vereenvoudiging van Tabel 3.1. Er wordt rekening gehouden met de globale opdeling van de installatie en het feit dat het niet realistisch is om voor elke (be)handeling op zich de emissie te inventariseren. De opdeling in onderstaande tabel komt overeen met de meest voorkomende en relevante bronnen zoals benoemd in de literatuur [42].

Tabel 4.1 Overzicht van de relevante processtappen en bijhorende verwachte emissies voor vergistingsinstallaties in Vlaanderen

Indeling installatie	Processtap	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NH ₃
Deel 1	opslag en voorbehandeling inputstromen, anaerobe vergisting en opslag digestaat	x			x
Deel 2	digestaatnabehandeling	x	x	x	x
	biogasvalorisatie (WKK)	x		x	
	biogas opwerken	x			

4.2.3 Emissiemetingen en emissiefactoren

Zoals ook aangegeven in het EMEP Guidebook 2019, wordt bij voorkeur gedetailleerde informatie gebruikt om de emissies in te schatten. De eerste keuze gaat uit naar meetresultaten op bedrijfsniveau binnen de Vlaamse context, gevolgd door meetresultaten op gelijkaardige installaties in andere regio's en landen. Wanneer een inventarisatie op basis van meetresultaten niet mogelijk is, kunnen specifiek afgeleide emissiefactoren gebruikt worden. Als laatste optie kan gebruik gemaakt worden van default emissiefactoren.

Emissiemetingen

Conform VLAREM II en III zijn bedrijven verplicht om bepaalde emissiemetingen uit te voeren. Aangenomen dat de verplichtingen naar procesvoering en luchtbehandeling voldaan zijn, geven deze metingen informatie over:

- geleide NH₃-emissies vanuit opslag en voorbehandeling van inputstromen en digestaat en de vergistingsinstallatie zelf: emissiemeting wordt uitgevoerd aan het emissiepunt na de luchtbehandelingsinstallatie (zure gaswasser en biobed);
- geleide NO_x-emissies vanuit de WKK.

Naast deze verplichte metingen zijn er bedrijven die lekscans uitvoeren op eigen initiatief. Zowel voor deze vrijwillige lekscans als de verplichte metingen is de beschikbaarheid van de resultaten een belangrijk aandachtspunt. De VMM heeft uitsluitend toegang tot de meetgegevens die gerapporteerd worden via het IMJV. De overige meetgegevens zijn (tot op heden) uitsluitend beschikbaar voor Afdeling Handhaving. Mogelijk zijn deze wel (éénmalig) op te vragen door de VMM voor het verbeteren of opmaken van de emissie-inventaris.

Buiten Vlaanderen zijn reeds een aantal meetcampagnes opgezet bij vergistingsinstallaties om een beter zicht te krijgen op de emissies en lekverliezen. In de meeste gevallen ligt de focus hierbij op methaan.

Emissiefactoren

Wanneer geen emissiemetingen op bedrijfsniveau of gelijkaardige installaties beschikbaar zijn, moeten de emissies worden ingeschat op basis van emissiefactoren. Er worden drie type emissiefactoren onderscheiden, namelijk de specifieke emissiefactoren, de algemene emissiefactoren en de default emissiefactoren (zie ook Hoofdstuk 6).

Specifieke emissiefactoren zijn land specifiek, hetgeen in dit geval wil zeggen dat ze afgeleid zijn op basis van Vlaamse emissiegegevens. Algemene emissiefactoren worden eveneens afgeleid op basis van emissiegegevens, maar dan afkomstig van (gelijkaardige) installaties in het buitenland. Er is geen weet van (grootschalige) emissiemeetcampagnes binnen de Vlaamse biogassector, meer bepaald de (agro-)industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties, waarbij de emissies van de volledige site in kaart zijn gebracht. Wel is in opdracht van VEKA een studie uitgevoerd naar de geleide CH₄-emissies (methaanslip) vanuit WKK's. In deze studie is één bio-WKK bemeten.

Internationaal hebben de Nederlandse en Duitse emissieregistratie emissiefactoren afgeleid van bepaalde polluenten en broeikasgassen voor een aantal processtappen. In de overige internationale studies waarbinnen emissiefactoren zijn afgeleid, ligt de focus sterk op methaan. Deze komen verder in de studie aan bod.

Wanneer de beschikbare algemene emissiefactoren uit internationale studies niet toepasbaar zijn binnen de Vlaamse context, kan er als laatste optie beroep gedaan worden op de default emissiefactoren. De default emissiefactoren komen uit het EMEP Guidebook 2019 NFR 1.A.1 en uit de IPCC 2006 richtlijnen Chapter 2. Het betreft emissiefactoren voor energetische CH₄-, N₂O- en NO_x-emissies, NH₃-emissies afkomstig van de opslag van zowel inputstromen als digestaat en de CH₄-emissie ten gevolge van lekkages uit de vergistingsreactor (zie eerder).

Een belangrijk aandachtspunt bij het gebruik van emissiefactoren is de beschikbaarheid van de vereiste activiteitsdata. Dit zijn de gegevens, zoals de geproduceerde energiehoeveelheid en de verbruikte hoeveelheid inputstromen, die nodig zijn om de afgeleide emissiefactoren te kunnen toepassen. Het detailniveau en de kwaliteit van deze activiteitsdata is mede bepalend voor de kwaliteit van de berekende emissies.

4.2.4 Conclusie

Zoals blijkt uit bovenstaande toelichting zijn er twee manieren om de emissies te inventariseren, namelijk op basis van metingen of met behulp van beschikbare emissiefactoren. Wegens de verschillen die er kunnen zijn tussen verschillende vergistingsinstallaties, gaat de voorkeur uit naar het gebruik van effectieve meetresultaten. Bij het uitwerken van een methodologie op basis van metingen, moet er aandacht zijn voor de praktische uitvoerbaarheid en de eventuele kosten die de metingen met zich meebrengen voor de bedrijven. Wanneer Team EIL oordeelt dat het niet haalbaar is om de jaarlijkse emissie-inventaris op te maken op basis van metingen, kunnen de emissies vanuit de Vlaamse biogassector worden ingeschat op basis van specifieke of default emissiefactoren.

In de volgende hoofdstukken wordt achtereenvolgens de methodologie op basis van metingen en deze op basis van emissiefactoren (EF) uitgewerkt. Hierbij wordt opgemerkt dat er geen strikte opdeling is tussen beide methodologieën, maar dat de inventarisatie op basis van metingen voornamelijk uitgaat van meetresultaten en indien nodig wordt aangevuld met berekende emissies vertrekkende van EF, en dat voor de inventaris op basis van EF het omgekeerde geldt. Tot slot wordt een voorbeeld emissie-inventarisatie opgemaakt.

EMISSIE-INVENTARISATIE OP BASIS VAN METINGEN

In dit hoofdstuk wordt de methodologie uitgewerkt om de emissie-inventaris op te maken op basis van effectieve metingen uitgevoerd bij de Vlaamse vergistingsinstallaties.

5.1 Meetverplichtingen volgens VLAREM

Zoals beschreven in paragraaf 2.3, leggen de artikels in Afdeling 5.2.2 en Afdeling 5.16.2. van VLAREM II de verplichting op om de opslag, behandeling en vergisting van afvalstoffen uit te voeren in een gesloten ruimte die altijd in onderdruk staat. De afgezogen ruimtelucht vanuit deze installatieonderdelen moet vervolgens worden behandeld met een zure water en biobed. Door deze verplichtingen worden de (geur)emissies afkomstig van de vermelde handelingen in principe afgevangen en gereduceerd. De restemissies die nog aanwezig zijn na de luchtbehandeling, treden naar buiten via één geleid emissiepunt, waardoor ze relatief eenvoudig te kwantificeren zijn via een meting.

Daarnaast zijn in zowel VLAREM II als III verplichtingen opgenomen inzake het uitvoeren van emissiemetingen op geloosde afgassen van inrichtingen voor de productie van biogas door vergisting. Gelet op de (relevante) pollutanten die vermeld staan in deze artikels en de (minimale) meetverplichting, moet de NH₃-emissie ter hoogte van het geleide emissiepunt minstens halfjaarlijks worden gemeten.

Naast de geleide emissies vanuit de opslag, behandeling en vergisting van afvalstoffen en na de luchtbehandelingsinstallatie, treden ook geleide emissies op vanuit de WKK bij het valoriseren (verbranden) van het biogas. Binnen deze studie zijn de NO_x-emissies die hierbij ontstaan relevant. In Afdeling 5.43.2. van VLAREM II worden meetverplichtingen opgelegd voor het opvolgen van deze emissies. De meetfrequentie is afhankelijk van het aantal bedrijfsuren en het thermische ingangsvermogen van de installatie en varieert van vijfjaarlijks tot elke drie maanden.

Binnen de huidige wetgeving zijn er meetverplichtingen van kracht voor vergistingsinstallaties met betrekking tot NH₃ en NO_x. De meetresultaten worden niet standaard gerapporteerd, maar moeten door de bedrijven wel ter beschikking gehouden worden ter controle door de Afdeling Handhaving van de Vlaamse Overheid. Met andere woorden kunnen ze worden opgevraagd door de Afdeling Handhaving.

5.2 Aanvullende emissiemetingen

Zoals aangegeven in voorgaande paragraaf, beperken de huidige meetverplichtingen zich tot NH₃ en NO_x bij respectievelijk de afgezogen lucht afkomstig van de (voor)behandelings- en opslagruimtes en de WKK. Mits een gerichte uitbreiding van de meetverplichting kunnen de belangrijkste emissies eenvoudig in beeld gebracht worden. Op basis van de evaluatie in Tabel 4.1, zijn per installatieonderdeel volgende bijkomende metingen aangewezen:

- deel 1 van de installatie:
 - CH₄-meting op de afgezogen lucht afkomstig van de (voor)behandelings- en opslagruimtes;
 - CH₄-lekdetectie vanuit de vergistingsreactor zelf. Deze meting is niet gericht op het kwantificeren van emissies, maar op het beperken en verhelpen van lekkages. Hierdoor nemen de emissies verder af;
- deel 2 van de installatie:

- CH₄-meting op de WKK emissies:
 - CH₄-, N₂O-, NO_x- en NH₃-meting van de digestaatnabehandeling;
 - CH₄-meting op de biogasopwerkingsinstallatie.

Hierbij zijn volgende opmerkingen te maken:

- de vergistingsreactor is luchtdicht afgesloten om een optimale vergisting te garanderen en het geproduceerde biogas te capteren. Het vermijden van CH₄-lekken vanuit de vergistingsreactor is in de eerste plaats van economisch belang voor het bedrijf. Dit zou de stimulans moeten zijn om periodiek lekdetectie uit te voeren. Een bijkomend voordeel is uiteraard dat er geen CH₄ en andere pollutanten in de atmosfeer terechtkomen. Uit internationale studies blijkt dat lekkages beperkt zijn bij een correcte bedrijfsvoering (paragraaf 4.2.2). In dat geval zijn de resulterende CH₄- en NH₃-emissies dan ook niet significant in verhouding tot de emissies ten gevolge van respectievelijk CH₄-slip en voorbehandeling/opslag. Om na te gaan of de lekpercentages vastgesteld in de internationale studies overeenkomen met de situatie in Vlaanderen, kunnen eventueel metingen worden uitgevoerd op de vergistingsreactoren van Vlaamse bedrijven. Er kan gekozen worden om in de wetgeving een bijkomende verplichting op te nemen rond het periodiek uitvoeren van een lekdetectie, of er kan vanuit de overheid een (éénmalige) campagne worden opgezet om zicht te krijgen op de situatie in Vlaanderen. Afhankelijk van de bevindingen kunnen vervolgens bijkomende maatregelen/verplichtingen opgelegd worden. Wanneer het lekpercentage effectief beperkt is, is het niet opportuun om deze emissies mee te nemen in de emissie-inventaris;
- het meten van N₂O vergt een ander type analyse dan bijvoorbeeld NO_x en CH₄ en is complexer en duurder. Het aandeel N₂O in de afgassen van de WKK's wordt beperkt verondersteld. Het beperkte belang wordt ook bevestigd door het feit dat geen emissiegrenswaarden zijn opgenomen in VLAREM en dat N₂O, in tegenstelling tot andere pollutanten zoals CO₂ en NO₂, niet gemeten is in de studie rond methaanslip in opdracht van VEKA. Daarom is het niet aanbevolen om dit broeikasgas te laten meten door de bedrijven. De kost van de metingen is buitenproportioneel hoog in verhouding tot de verkregen informatie;
- tijdens een overleg met de stuurgroep, werd aangehaald dat het niet haalbaar is om de uitvoering van al deze bijkomende metingen bij de bedrijven te leggen. Dit resulteert namelijk in een sterke bijkomende belasting en extra kosten. Zeker het breed bemeten van bepaalde digestaatnabehandelingstechnieken waarbij de emissies niet via een geleid emissiepunt naar buiten treden is complex. Een voorbeeld hiervan is de biologische zuivering van de dunne fractie. Daarom wordt voorgesteld om de bijkomende metingen uit te voeren door enerzijds de meetverplichting voor bedrijven uit te breiden en anderzijds aanvullend een aantal meetcampagnes op te zetten vanuit de overheid en/of onderzoeksinstellingen. Er moet nader onderzocht worden of volgende verdeling haalbaar is:
 - metingen door het bedrijf:
 - CH₄-meting op deel 1 van de installatie;
 - CH₄-meting op de WKK;
 - CH₄- en NH₃-meting op digestaatnabehandelingstechnieken wanneer er sprake is van geleide emissies;
 - CH₄-meting op de biogasopwerkingsinstallatie (als deze aanwezig is);
 - meetcampagnes door de overheid:
 - CH₄-, N₂O-, NO_x- en NH₃-meting op digestaatnabehandelingstechnieken wanneer er niet altijd sprake is van geleide emissies en/of er dure en complexe analyses/metingen vereist zijn;
 - CH₄- en NH₃-lekdetectie;
 - installatie omvattende CH₄- en NH₃-metingen.

In onderstaande paragrafen worden de aanvullende emissiemetingen verder toegelicht.

Tabel 5.1 Overzicht van de emissies per processtap van de vergistingsinstallaties in Vlaanderen waarvoor momenteel wel (✓) en geen (x) meetverplichting geldt

Indeling installatie	Processtap	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NH ₃
Deel 1	opslag en voorbehandeling inputstromen, anaerobe vergisting en opslag digestaat	x			✓
Deel 2	digestaatanbehandling	x	x	x	x
	biogasvalorisatie (WKK)	x		✓	
	biogas opwerken	x			

5.2.1 Aanvullende emissiemetingen door het bedrijf

Het doel van de aanvullende emissiemetingen door bedrijven is om met beperkte bijkomende inspanningen en kosten een beter beeld te krijgen van de meest relevante luchtverontreinigende polluenten en broeikasgassen. Zoals beschreven in voorgaande paragraaf 5.1, dienen de reeds verplichte emissiemetingen van NH₃ en NO_x op respectievelijk de luchtbehandelingsinstallatie en de WKK worden uitgebreid met CH₄-metingen op beide geleide emissiepunten om een totaalbeeld te krijgen van de belangrijkste emissies.

Naast het bijkomend analyseren van een aantal polluenten op reeds bemeaten geleide emissiepunten, is het aangewezen om een aantal bijkomende geleide emissiepunten te bemeaten. In de eerste plaats gaat het over het meten van methaanslip die optreedt bij het opwaarderen van biogas tot biomethaan. Hoewel methaanslip bij de productie van biomethaan typisch iets lager is dan bij de verbranding van biogas in een WKK (0,0 - 3,8 % ten opzichte van 3,6 %, zie paragraaf 6.2) en het feit dat deze nabehandelingstechniek momenteel slechts in een aantal gevallen wordt toegepast in Vlaanderen, is het mogelijk wel relevant om deze bron te bemeaten. Deze techniek zal naar verwachting in de toekomst meer toegepast worden, waardoor het een relevante emissiebron wordt en bij voorkeur meegenomen wordt in de emissie-inventaris. Een uitbreiding van de huidige meetverplichting met het meten van de geleide CH₄-emissies uit de biogasnabehandelingsinstallatie is de meest kostenefficiënte methode om hoogwaardige bedrijfsspecifieke meetgegevens te verzamelen.

De overige bijkomende emissiepunten situeren zich in de digestaat nabehandeling. Het gaat met name om het meten van CH₄ en NH₃ ter hoogte van:

- scheiden dikke en dunne fractie: deze nabehandelingsinstallatie heeft geen eigen geleid emissiepunt, maar de emissies komen vrij in de ruimte waarin de installatie zich bevindt. Conform de wetgeving moet deze ruimte afgesloten zijn en in onderdruk staan, waardoor wel een geleid emissiepunt ontstaat van de ruimteafzuiging. In bepaalde gevallen kan het zijn dat deze luchtafzuiging gekoppeld is aan die van deel 1 van de vergistingsinstallatie, waardoor geen bijkomend emissiepunt bemeaten moet worden;
- NH₃-stripping dunne fractie: deze installatie heeft een geleid emissiepunt waaraan de emissies gemeten kunnen worden.

In verband met de uitvoering van de aanvullende emissiemetingen is contact opgenomen met een aantal erkende laboratoria die dergelijke emissiemetingen frequent uitvoeren¹. Een navraag bij de erkende laboratoria leert dat een CH₄-meting op deze emissiepunten praktisch uitvoerbaar is. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een FID-toestel ter bepaling van het totaal organisch koolstofgehalte (TOC) in de gasstroom, waarna een omrekening wordt gemaakt ter bepaling van de CH₄-concentratie. De toename in kostprijs ten gevolge van de extra meting wordt eerder laag ingeschat. Aangenomen dat zij al ter plaatse gaan voor het uitvoeren van respectievelijk de NH₃- en NO_x-emissiemetingen, zou de totaalprijs met 10 tot 20 % doen toenemen door het uitvoeren van twee bijkomende CH₄-metingen.

¹ Volgende erkende laboratoria werden gecontacteerd: Eurofins, Normec en Lovap. Hiervan hebben Eurofins en Normec de vragen beantwoord.

5.2.2 Aanvullende meetcampagnes door de overheid

De aanvullende meetcampagnes zijn gericht op het inventariseren van de emissies die een complexere meting of duurdere analyse vereisen. Omwille van de complexiteit en de kost, is het aangewezen om vanuit de overheid deze metingen uit te voeren in plaats van ze (met een jaarlijkse frequentie) op te leggen aan de bedrijven. Deze meetcampagnes dienen in de eerste plaats om in te schatten of de onderzochte emissies significant zijn ten opzichte van de overige emissies. Denk hierbij onder andere aan de N_2O -emissie bij de biologische zuivering van de dunne digestaatfractie. Wanneer de emissies significant blijken, is het aangewezen om ze op te nemen in de emissie-inventaris. Gezien de complexiteit en kost van dit type metingen, worden hiervoor bij voorkeur Vlaamse emissiefactoren (EF) afgeleid op basis van een aantal meetcampagnes. Deze EF kunnen vervolgens gebruikt worden om de emissies van alle vergistingsinstallaties te berekenen en zo opgenomen worden in de inventaris.

De globale meetcampagnes gaan met name over de niet-geleide emissies en zowel geleide als niet-geleide N_2O -emissies. Onder de niet-geleide emissies behoren de emissies afkomstig van diffuse bronnen en lekkages. Concreet zijn volgende emissiemetingen onderwerp van de globale meetcampagnes:

- CH_4 -, N_2O - en NH_3 -meting bij het composteren van ongescheiden digestaat;
- CH_4 -, N_2O - en NH_3 -meting bij het drogen van de dikke fractie;
- N_2O - en NO_x -meting bij de biologische N-verwijdering uit de dunne fractie;
- CH_4 - en NH_3 -lekdetectie rond de vergistingsreactor;
- installatie omvattende CH_4 - en NH_3 -metingen.

Het composteren van ongescheiden digestaat en het drogen van de dikke fractie gebeurt vaak in een afgesloten ruimte op onderdruk, waardoor de componenten gemeten kunnen worden aan een geleid emissiepunt. Echter vindt composteren ook soms plaats in open lucht, waardoor het een diffuse bron wordt. Hetzelfde geldt typisch voor de biologische N-verwijdering. Dergelijke diffuse bronnen kunnen bemeaten worden met behulp van bijvoorbeeld de afdekmethodes of een doorstroomkamer (zoals een Lindvalldoos [42]). Bij deze technieken wordt het oppervlak volledig of gedeeltelijk afgedekt ter bepaling van de emissies. De concentratiebepaling bij deze technieken zal in situ of ex situ worden uitgevoerd afhankelijk van de onderzochte parameters. Het debiet wordt bepaald door een klassieke debietmeting in de aanvoerleiding richting de diffuse bron. Voor de polluenten die relevant blijken te zijn, kunnen vervolgens Vlaamse emissiefactoren worden afgeleid om de emissies te berekenen en op te nemen in de emissie-inventaris.

Zoals eerder aangegeven worden de CH_4 -en NH_3 -lekkages niet-significant verondersteld bij een goed beheer van de installatie en uit eigenbelang van de bedrijven. Echter kan het interessant zijn om vanuit de overheid een meetcampagne op te zetten om het lekpercentage binnen de Vlaamse biogassector te bepalen en deze aanname te onderbouwen. Wanneer deze lekemissies significant zijn ten opzichte van de overige emissies, dringen beheermaatregelen zich op. Naast het gericht uitvoeren van lekdetectie rond de vergistingsinstallatie, kunnen ook installatie omvattende metingen de nodige inzichten geven. Deze installatie omvattende metingen worden uitgevoerd op grotere afstand van het bedrijf en omvatten zowel de geleide, niet-geleide en lekemissies. Door deze totale emissie te vergelijken met de som van alle individueel op het bedrijf gemeten emissies, wordt duidelijk welk aandeel van de emissies ontsnapt aan de standaard meetverplichting. Dit geeft met andere woorden een beeld van de volledigheid van de uitgevoerde metingen door bedrijven. In hoofdstuk 7 worden de verschillende meetstrategieën beschreven in de literatuur en de beschikbare meettoestellen toegelicht.

5.3 Samenvatting

Gezien de variabiliteit tussen de vergistingsinstallaties, geniet het gebruik van specifieke meetwaarden de voorkeur op het gebruik van EF. Dit resulteert ook in het meest complete overzicht van de emissies uit de Vlaamse biogassector.

De emissie-inventaris van een bedrijf op basis van metingen bestaat per component uit de som van volgende gemeten en berekende emissies. Let wel dat niet alle emissies voorkomen bij elk bedrijf of dat emissies van bepaalde processtappen gecombineerd naar buiten kunnen treden:

- CH₄:
 - gemeten achter de luchtbehandelingsinstallatie van deel 1;
 - gemeten in het afgas van de WKK;
 - gemeten aan de uitlaat van de biogasopwerkingsinstallatie;
 - gemeten bij het scheiden van de dikke en dunne fractie;
 - gemeten bij de NH₃-stripping van de dunne fractie;
 - gemeten of berekend op basis van EF voor het composteren van ongescheiden digestaat;
 - gemeten of berekend op basis van EF voor het drogen van de dikke fractie;
- NH₃:
 - gemeten achter de luchtbehandelingsinstallatie van deel 1;
 - gemeten bij het scheiden van de dikke en dunne fractie;
 - gemeten bij de NH₃-stripping van de dunne fractie;
 - gemeten of berekend op basis van EF voor het composteren van ongescheiden digestaat;
 - gemeten of berekend op basis van EF voor het drogen van de dikke fractie;
- N₂O:
 - gemeten of berekend op basis van EF voor het composteren van ongescheiden digestaat;
 - gemeten of berekend op basis van EF voor het drogen van de dikke fractie;
 - gemeten of berekend op basis van EF voor de biologische N-verwijdering van de dunne fractie;
- NO_x:
 - gemeten in het afgas van de WKK;
 - gemeten of berekend op basis van EF voor de biologische N-verwijdering van de dunne fractie.

Een kanttekening hierbij, is dat op basis van de resultaten van de globale meetcampagnes door de overheid nog bepaalde zaken kunnen veranderen:

- de kans bestaat dat bepaalde emissies, bijvoorbeeld de N₂O- en NO_x-emissies bij de biologische zuivering van digestaat, als niet-significant beoordeeld worden. In dit geval moeten deze emissies niet langer opgenomen worden in de emissie-inventaris van de Vlaamse biogasbedrijven;
- de meetcampagne rond lekemissies moeten aantonen of de resulterende CH₄- en NH₃-emissies vanuit de vergistingsreactor terecht als niet-significant beoordeeld worden. Indien dit een onterechte aanname is, moet ze alsnog worden ingeschat op basis van de bekomen resultaten of moet de meetverplichting voor bedrijven worden uitgebreid. De installatie omvattende metingen kunnen bijkomende inzichten geven. Bij een aanzienlijk verschil tussen de installatie omvattende meting en de som van de individueel gemeten en berekende emissies, worden er relevante bronnen over het hoofd gezien of te hoog ingeschat. In dat geval moet de inventarisatiemethodologie worden bijgestuurd.

EMISSIE-INVENTARISATIE OP BASIS VAN EMISSIEFACTOREN

Wanneer geoordeeld wordt dat het jaarlijks inventariseren van de emissie niet mogelijk is op basis van metingen, kunnen de CH₄-, NH₃-, N₂O- en NO_x-emissies (aanvullend) geïnventariseerd worden met behulp van emissiefactoren. Volgende EF worden onderscheiden in volgorde van voorkeur:

- specifieke EF afgeleid op basis van emissiemetingen bij Vlaamse biogasinstallaties. Wanneer de resultaten van de verplichte NH₃- en NO_x-metingen ter hoogte van respectievelijk de luchtbehandelingsinstallatie van deel 1 en het afgas van de WKK niet jaarlijks beschikbaar gesteld kunnen worden aan de VMM, kunnen meetgegevens uit het verleden gebruikt worden om specifieke EF af te leiden;
- algemene EF afgeleid uit de literatuur op basis van internationale studies met betrekking tot biogasinstallaties. Bepaalde studies vermelden emissiegegevens van biogasinstallaties op basis waarvan een EF kan worden bepaald. Het is hierbij belangrijk om na te gaan of de procesvoering en opbouw van de bemeten installatie overeenkomt met de gang van zaken in de Vlaamse biogassector;
- default EF zoals opgenomen in het EMEP Guidebook 2019 NFR 1.A.1 en de IPCC 2019 Refinements to the 2006 IPCC guidelines Vol. 4 ch. 10. Hierbij wordt opgemerkt dat de EF voor NH₃ zoals gebruikt in EMAN feitelijk een emissiecoëfficiënt is en geen EF. Om verwarring te vermijden wordt deze waarde telkens omgerekend naar een EF en doorheen het rapport ook zo benoemd.

In dit hoofdstuk worden eerst een aantal algemene zaken besproken over de mogelijke opdelingen, toepasselijkheid van bepaalde EF en de standaardkarakteristieken voor de verschillende inputstromen. Vervolgens worden de beschikbare EF besproken per pollutant. Deze bespreking richt zich op de processtappen/installatieonderdelen waaruit de betreffende pollutant overeenkomstig de toelichting in paragraaf 4.2.2 geëmitteerd kan worden. Waar nodig en mogelijk worden de gemaakte aannames verder toegelicht en onderbouwd. Soms zijn er EF of verliespercentages afgeleid voor de vergistingsinstallatie als geheel. In dat geval is de categorie 'hele installatie' toegevoegd. Het laatste deel beschrijft de emissieberekenningsmethode op basis van de geselecteerde EF. De methodologie die in dit hoofdstuk wordt uitgewerkt gaat uit van enkel het gebruik van EF. Echter is het aangewezen om deze benadering toe te passen als aanvulling op de emissiemetingen die de Vlaamse biogasbedrijven binnen de huidige regelgeving reeds moeten uitvoeren. Zoals bovenstaand aangegeven kan de historische data gebruikt worden om een specifieke EF af te leiden, maar het gebruiken van jaarlijks geüpdatet emissiegegevens heeft de voorkeur. Een belangrijke voorwaarde voor het kunnen gebruiken van EF is dat activiteitsdata over de procesvoering aan deze emissiegegevens gekoppeld kan worden.

6.1 Algemeen

Wat de beschikbare emissiegegevens en emissiefactoren betreft, worden in de literatuur duidelijke kanttekeningen gemaakt. De data vertoont namelijk een grote variatie en er zijn niet voldoende gegevens voor een algemene beoordeling van de sector. Dit maakt het moeilijk om algemene, gemiddelde cijfers te geven voor emissies vanuit installatieonderdelen of de volledige biogasinstallatie. Een eerste oorzaak van de variatie zijn de verschillende toegepaste meetmethodes. Zelfs de emissies van WKK's vertonen een aanzienlijke variatie, ondanks het feit dat de methoden voor kwantificering goed gedefinieerd zijn en de constructie en de werking van de motor zouden moeten leiden tot vergelijkbare emissies. Ten tweede zijn de installaties in hoge mate geïndividualiseerd. Bij elke veralgemening moet rekening gehouden worden met het ontwerp en de werking van de installatie om een algemene emissiefactor voor de sector te verkrijgen

[18]. Ten derde kunnen de bij het meten en afleiden van een EF de beschouwde emissiebronnen ook sterk verschillen. Soms zijn er EF afgeleid voor bepaalde procesonderdelen, soms voor een aantal procesonderdelen gecombineerd en soms voor de volledige installatie. Bij toepassing van deze EF is het belangrijk om na te gaan of de context waarbinnen ze afgeleid zijn in grote lijnen overeenkomt met de werking binnen de Vlaamse biogassector. De bruikbaarheid is mede afhankelijk van de beschikbare gegevens betreffende de inputstromen.

De toepasbaarheid van EF wordt bepaald door de beschikbare activiteitsdata uit de procesvoering. Zonder deze data is het niet mogelijk om de emissies te berekenen. Dit speelt een rol in de uiteindelijke selectie van de te gebruiken EF. Gezien het belang van de activiteitsdata wordt er per berekeningswijze vermeld op welke manier en via welke instantie de activiteitsdata beschikbaar is. In grote lijnen kan gesteld worden dat:

- VEKA informatie levert over de energieproductie en de gemiddelde verhouding van de toegepaste inputstromen. Met andere woorden leveren ze jaarlijks informatie aan over de biogasproductie en de gemiddelde samenstelling van de inputstroom (percentage mest, plantaardige afvalstromen en energiegewassen);
- de VLM verantwoordelijk is voor het verzamelen van informatie over de meststromen die naar vergistings- of biogasinstallaties gaan. Meer bepaald gaat het over de tonnages per mesttype en de hoeveelheid stikstof en fosfor in de mest. Informatie betreffende de hoeveelheid organische stof en totaal ammoniakale stikstof van de vergiste meststromen wordt niet verzameld.

Omdat voor de meeste inputstromen geen specifieke data beschikbaar is, wordt gebruik gemaakt van standaard waarden. Tabel 6.1 geeft standaard data betreffende het droge stofgehalte, stikstofgehalte en organische stofgehalte van vers materiaal voor frequent toegepaste inputstromen. Deze data werd zo gegroepeerd dat gemiddelde waarden bekomen worden voor de drie belangrijkste inputstromen. Tabel 6.2 geeft een overzicht van de standaardwaarden voor de biogasopbrengst en het methaangehalte voor verschillende inputstromen, gegroepeerd volgens de drie hoofdinputstromen. Per inputstroom zijn gemiddelde waarden bepaald. Verder worden voor de omzetting ook volgende standaardwaarden toegepast:

- 1 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ komt overeen met 1,2 kg NH_3 (molaire massa NH_3 /molaire massa N);
- 1 kg $\text{N}_2\text{O-N}$ komt overeen met 1,6 kg N_2O (molaire massa N_2O /molaire massa N);
- 1 kg $\text{NO}_x\text{-N}$ komt overeen met 3,3 kg NO_x (molaire massa NO_2 /molaire massa N).

Tabel 6.1 Overzicht van de standaardwaarden voor het droge stofgehalte van vers materiaal, stikstofgehalte van vers materiaal en organische stofgehalte gegroepeerd volgens de meest frequent toegepaste inputstromen. Per inputstroom is ook een gemiddelde waarde afgeleid

Categorie	Grondstof	Droge stof gehalte (kg/ton) [44, 47]	N-gehalte (kg/ton) [45, 46]	Org. stof gehalte (kg/ton) [47]
E-gewassen	kuilmaïs	350	4,6	/
	kuilgras	350	9,4	/
	GEMIDDELD	350	7	/
mest	rundvee drijfmest	92	4,8	71
	varkens drijfmest			
	vleesvarkens	107	6,4	79
	zeugen	67	3,2	25
	rundvee vaste mest	267	7,1	155
	varkens vaste mest			
	vleesvarkens	260	7,5	153
	pluimvee mest	562	19,8	416

Categorie	Grondstof	Droge stof gehalte (kg/ton) [44, 47]	N-gehalte (kg/ton) [45, 46]	Org. stof gehalte (kg/ton) [47]
plantaardige afvalstromen	GEMIDDELD	226	8	150
	huishoudelijk organisch afval	400	6,8	/
	groenafval (gras, ...)	/	4,6	/
	voedselafval (voedselproductie)	/	5,1	/
	GEMIDDELD	400	5,5	/

Tabel 6.2 Overzicht van de standaard waarden voor de biogasopbrengst en het methaangehalte voor verschillende inputstromen, gegroepeerd volgens de drie hoofdinputstromen [48]. Per inputstroom zijn gemiddelde waarden bepaald

Categorie	Grondstof	m ³ biogas/ton vers	CH ₄ %	m ³ CH ₄ /ton vers	kg CH ₄ /ton vers
E-gewassen	maissilage	202	52	105,04	69
	grassilage	172	54	92,88	61
	rogge gps	163	52	84,76	56
	voederbieten	111	51	56,61	37
	GEMIDDELD	162	52	85	56
Mest	kippenmest	80	60	48	32
	varkensmest	60	60	36	24
	rundermest	45	60	27	18
	GEMIDDELD	62	60	37	24
plantaardige afvalstromen	bioafval	100	61	61	40
	suikerbietensnijfel	67	72	48,24	32
	bierbostel	40	61	24,4	16
	GEMIDDELD	69	65	45	29

Zoals toegelicht in paragraaf 3.3.1 doen de agro-industriële vergistingsinstallaties typisch aan co-vergisting van dierlijke en/of plantaardige inputstromen. GFT-vergisters worden als een afzonderlijke categorie beschouwd. Dit is niet zozeer omwille van de verwerkte inputstromen, want deze zijn te classificeren binnen plantaardige afvalstromen, maar wel omwille van de specifieke procesvoering. In het geval van GFT-vergisting wordt namelijk verplicht compostering toegepast als nabehandelingstechniek. Daarnaast is het zo dat de meeste Vlaamse GFT-vergistingsinstallaties DRANCO-installaties zijn waarbij de vergisting gebeurt in een stalen vergistingsreactor bestaande uit één stuk. Het is aannemelijk dat dit type reactor minder aanleiding geeft tot lekkages dan de klassieke vergistingsreactoren. Echter worden ook bij klassieke reactoren lekkages uit proces en economisch oogpunt vermeden. Omdat in de literatuur niet wordt aangegeven voor welk type reactor de EF zijn afgeleid, is het niet mogelijk om hier rekening mee te houden. Tenzij de verplichte digestaatsnabehandeling is meegenomen bij het afleiden van de EF, is er dan ook geen reden om co-vergisting in agro-industriële vergistingsinstallaties en GFT-vergistingsinstallaties op een andere manier te benaderen.

Het feit dat de emissies afkomstig van agro-industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties op een gelijkaardige manier berekend worden, wil niet zeggen dat er geen rekening gehouden wordt met de verschillende karakteristieken van de verwerkte inputstromen. De samenstelling van de inputstromen heeft

wel (beperkte) invloed op de mate waarin bepaalde broeikasgassen en luchtverontreinigende polluenten gevormd worden. De verhoogde vorming van NH_3 bij het vergisten van eiwitrijke inputstromen is hier een voorbeeld van. Aangezien de meeste EF uitgedrukt worden 'per ton droge stof' of 'per ton stikstof', of hiernaar zijn om te rekenen, worden de verschillen in samenstelling tussen inputstromen meegenomen bij het berekenen van de resulterende emissies. Deze manier van uitdrukken maakt ook dat de inputstroom waarbij de EF is afgeleid minder van belang is. Dit wordt ook aangegeven in de toelichting rond de default EF voor N_2O die wordt toegepast in EMAV3.0 en dus enkel geldt voor mest. In de achtergrond documentatie staat te lezen dat 'bij de co-vergisting van dierlijke mest met organische afvalstromen en/of energiegewassen er bijkomende stikstof aan het systeem wordt toegevoegd. Deze bijkomende stikstofbron zorgt voor emissie (voornamelijk vanuit opslag) van N_2O en wordt daarom meegenomen in de berekening van de emissiefactor van co-vergisting' [49]. Deze redenering is ook uit te breiden naar alle type inputstromen die stikstof toevoegen.

6.2 CH_4 -emissiefactoren

Zoals aangegeven in paragraaf 4.2.2 zijn er CH_4 -emissies mogelijk uit zowel deel 1 van de installatie als alle processtappen binnen deel 2 van de installatie. Tabel 6.3 geeft de emissiefactoren (EF) weer die beschikbaar zijn in de literatuur. De eerste kolom geeft aan om welke processtap of welk deel van de installatie het gaat. De tweede kolom toont de inputstroom waarbij de betreffende EF is bepaald en de volgende kolommen geven de EF weer. Hierbij wordt eerst de originele EF weergegeven en daarna, indien relevant en mogelijk, de omgerekende EF die alle EF in dezelfde eenheid weergeeft. Voor deze omrekening wordt gebruik gemaakt van de droge stofgehalten in Tabel 6.1. De omrekening van de EF is bedoeld om het vergelijken van EF eenvoudiger te maken. Originele EF die reeds in de juiste eenheid staan, worden gewoon herhaald zonder omrekening. In de volgende paragrafen worden de EF per processtap/installatieonderdeel meer in detail toegelicht.

Tabel 6.3 Overzicht van de EF voor CH_4 die beschikbaar zijn in de literatuur met weergave van de processtap(pen) of installatieonderdelen waarop de EF van toepassing is, de inputstroom waarbij de EF is bepaald, de originele EF en de omgerekende EF om de vergelijkbaarheid tussen verschillend referenties te verbeteren. 'DS' staat hierbij voor droge stof, 'OS' voor organische stof, 'IS' voor inputstroom, 'verw.' voor verwerking en 'prod.' voor productie

Processtap/installatie onderdeel	Grondstof	Originele EF	Omgerekende EF	Ref.
vergisting en digestaatopslag	E-gewassen	2,61 kg CH_4 /ton DS	2,61 kg CH_4 /ton DS	[50]
vergisting	varkensmest	8,2 kg CH_4 /ton OS	5,4 kg CH_4 /ton DS	[51]
vergisting	rundveemest	6 kg CH_4 /ton OS	4,1 kg CH_4 /ton DS	[51]
volledig deel 1 (gesloten installatie + biofilter)	GFT (onderdeel van plantaardige afvalstromen)	1,1 kg CH_4 /ton IS	2,8 kg CH_4 /ton DS	[52]
biogas valorisatie	n.v.t.	5 ton/PJ		[53]
biogas valorisatie	n.v.t.	312,3 ton/PJ		[50]
biogas valorisatie	n.v.t.	653 ton/PJ		[37]
biogas opwerking - chemische gaswasser	n.v.t.	0 - 0,1 % van CH_4 verw.		[42]
biogas opwerking - amine gaswasser	n.v.t.	0,04 - 0,07 % van CH_4 verw.		[54]
biogas opwerking - cryogene scheiding	n.v.t.	0 - 2 % van CH_4 verw.		[42]
biogas opwerking - membraan scheiding	n.v.t.	0,4 - 0,7 % van CH_4 verw.		[42]

Processtap/installatie onderdeel	Grondstof	Originele EF	Omgerekende EF	Ref.
biogas opwerking - membranen	n.v.t.	0,48 - 0,56 % van CH ₄ verw.		[54]
biogas opwerking - drukwisseladsorptie	n.v.t.	0 - 2,4 % van CH ₄ verw.		[42]
biogas opwerking - natte gaswasser	n.v.t.	2 - 3,8 % van CH ₄ verw.		[42]
biogas opwerking - water gaswasser	n.v.t.	1,1 - 1,97 % van CH ₄ verw.		[54]
volledige installatie	niet specifiek	1,9 % van CH ₄ prod.		[55]
volledige installatie (gesloten installatie, gesloten compostering + biofilter, zonder WKK)	GFT (onderdeel van plantaardige afvalstromen)	2,6 kg CH ₄ /ton IS	6,5 kg CH ₄ /ton DS	[50]
volledige installatie (gesloten installatie, open compostering, zonder WKK)	GFT (onderdeel van plantaardige afvalstromen)	7,4 kg CH ₄ /ton IS	18,5 kg CH ₄ /ton DS	[50]

6.2.1 Deel 1 van de vergistingsinstallatie

Binnen de Duitse emissieregistratie is een EF afgeleid van 2,61 kg CH₄/ton DS voor het vergisten en de digestaatopslag bij het verwerken van energiegewassen. Of ook de vooropslag/-behandeling beschouwd werd, wordt niet gespecificeerd. 65,5 % van de bemeten vergistingsinstallaties hadden een gasdicht digestaatopslagsysteem. In Vlaanderen moet digestaatopslag in principe afgesloten en in onderdruk gebeuren. Door zowel de sectororganisaties als Afdeling Handhaving is aangegeven dat zo goed als alle vergistingsinstallaties voldoen aan deze verplichting, maar dat uitzonderingen in de omgevingsvergunning toegelaten worden [22]. Het aandeel van 65,5 % gasdichte digestaatopslagsystemen is naar verwachting een onderschatting van het aandeel in Vlaanderen, waardoor de Vlaamse EF vermoedelijk lager zou liggen.

Voor de vergisting van zuivere mest zijn EF beschikbaar voor varkens- en rundveemest gelijk aan respectievelijk 8,2 en 6 kg CH₄/ton OS. Hierbij wordt de methaanemissie berekend op basis van de hoeveelheid organische stof in de inputstroom. De EF zijn afkomstig uit de Nederlandse emissieregistratie en gebaseerd op een studie uit 2016 en houden enkel rekening met emissies vanuit de vergistingsreactor. Bij het afleiden zijn volgende aannames gemaakt:

- het biochemisch methaan potentieel (BMP), uitgedrukt in m³ CH₄/kg organische stof (OS): deze waarde verschilt tussen de verschillende mesttypes;
- een veronderstelde afbraak van het BMP van 95 %;
- een lekpercentage vanuit de vergistingsinstallaties van 4,3 %: dit percentage is afgeleid op basis van metingen uitgevoerd bij zowel boerderijschaal vergisters als grotere vergistingsinstallaties. Zoals eerder aangegeven wordt in de literatuur vaak vermeld dat kleinere installaties in verhouding vaak grotere lekverliezen hebben dan de grotere installaties. Daarom is het afgeleide lekpercentage mogelijk een overschatting van de werkelijkheid wanneer enkel gekeken wordt naar de grotere installaties.

Deze EF zijn merkbaar hoger dan de EF uit de Duitse emissieregistratie, zeker aangezien de Nederlandse EF enkel betrekking hebben op emissies vanuit de vergistingsreactor en de Duitse EF deels open digestaatopslagsystemen beschouwt. Een duidelijke reden voor de hogere waarden is er niet. Wel is het zo dat het aangenomen lekpercentage vanuit de reactor een belangrijke invloed heeft op de afgeleide Nederlandse EF. Aangezien op heden geen data gekend is over het gemiddelde lekpercentage uit vergistingsreactoren in Vlaanderen, is het niet te zeggen of het aangenomen percentage van 4,3 % een over- of onderschatting is.

Tot slot is de EF van 1,1 kg CH₄/ton inputstroom toegepast binnen de Nederlandse emissieregistratie bij vergisting van gescheiden ingezameld biologisch afbreekbaar afval van huishoudens. Deze processen worden uitgevoerd in gesloten installaties (hallen en vergistingstanks), waarbij de afgassen door een biobed worden gefilterd. Het gebruik van gesloten installaties komt overeen met de Vlaamse manier van werken.

Met de vermelding dat de emissies van de WKK niet worden beschouwd, lijkt het dat deze van toepassing is op de volledige vergistingsinstallatie (naar analogie met de EF uit de Duitse emissieregistratie, paragraaf 6.2.5). Echter is het op basis van de achtergrondinformatie niet te zeggen of de vergisting automatisch wordt gevolgd door compostering van het digestaat en of de hieraan gerelateerde emissies meegenomen zijn in de EF. Vandaar de aanname dat deze EF enkel van toepassing is op deel 1 van de vergistingsinstallatie. Deze EF ligt iets lager dan de EF afgeleid bij verwerking van energiegewassen. Dit kan het gevolg zijn van het beschouwen van open digestaatopslagsystemen bij het afleiden van de EF voor energiegewassen. Ook in dit geval is er geen duidelijke reden voor het grote verschil met de EF afgeleid bij het verwerken van mest.

6.2.2 Deel 2 - Digestaatnabehandeling

Er zijn geen CH₄ EF beschikbaar die specifiek zijn afgeleid voor de nabehandeling van digestaat.

6.2.3 Deel 2 - Biogasvalorisatie (WKK)

CH₄-emissies die optreden bij het valoriseren (verbranden) van biogas in een WKK zijn het gevolg van methaanslip. Zoals te zien in Tabel 6.2 zijn er verschillen in het CH₄-gehalte van het biogas bij vergisting van verschillende inputstromen. Echter zijn deze verschillen beperkt en worden de beschikbare EF uitgedrukt per hoeveelheid geproduceerde energie. Op deze manier wordt rekening gehouden met het CH₄-gehalte. De CH₄-emissie vanuit de biogas valorisatie wordt dus voor alle vergistingsinstallaties berekend met dezelfde EF.

Wat de EF betreft, is er één default EF opgenomen en één specifieke EF. De default EF van 5 ton CH₄/PJ wordt momenteel toegepast binnen zowel de Vlaamse als de Nederlandse emissieregistratie. De Duitse emissieregistratie hanteert een specifiek afgeleide EF van 312,3 ton CH₄/PJ. Deze waarde ligt vele malen hoger dan de default EF.

Recent heeft VITO in opdracht van VEKA een studie uitgevoerd naar de methaanslip bij WKK's [37]. In de bijhorende literatuurstudie wordt slechts één studie vermeld waarin WKK's zijn meegenomen die werken op een combinatie van aardgas en biogas. De methaanslip bedroeg 0,6 tot 3 %. Binnen de studie in opdracht van VEKA heeft VITO ook zelf metingen uitgevoerd. Er is slechts één WKK op biogas bemeten, waarbij de gemiddelde methaanslip 3,6 % ofwel 653 ton CH₄/PJ bedroeg. De bevindingen van een recente Deense studie [55], niet opgenomen in de tabel, liggen in dezelfde lijn. Bij de gasmotor van een grotere communale vergistingsinstallatie werd een methaanslip van 0,9 % vastgesteld. Bij een kleine en gemiddelde landbouw gerelateerde vergistingsinstallatie bedroeg de methaanslip respectievelijk 0,6 % en 0,0 - 2,4 %. Deze resultaten doen vermoeden dat de huidige Vlaamse rekenwaarde voor biogas (5 ton CH₄/PJ), hetgeen overeenkomt met een methaanslip van 0,01 %, een onderschatting is van de werkelijke emissie.

In het kader van voorliggende studie, zijn twee emissiemeetrapporten van WKK's die werken op biogas bezorgd door dOMG, afdeling Handhaving aan de VMM (Tabel 6.4). Daarnaast is de emissie ook berekend uitgaande van de maximale capaciteit van de WKK tijdens alle draaiuren en de in Vlaanderen toegepaste (default) EF (Tabel 6.5). De berekening is dezelfde voor beide WKK's, aangezien de maximale capaciteit en het aantal draaiuren gelijk zijn.

Tabel 6.6 vat vervolgens de resultaten samen. Er blijkt een groot verschil te zijn tussen de berekende waarden op basis van de EF en de gemeten emissie. Dit lijkt te bevestigen dat de huidige in Vlaanderen toegepaste EF een significante onderschatting inhoudt van de werkelijke methaanslip. Echter moeten meer metingen uitgevoerd worden om hierover een besluit kunnen nemen.

Tabel 6.4 Overzicht van de gegevens en methaanmeetresultaten uit de meetrapporten aangeleverd door dOMG (aHH) van metingen uitgevoerd op twee WKK's die werken op biogas

Meetpunt	'WKK 3'	'WKK 4'
capaciteit [MWe]	1,06	1,06
draaiuren/jaar	8.000	8.000
gemiddeld debiet [Nm ³ /uur]	1.721	1.026
zuurstofgehalte [%]	7,36	6,89
methaan TOC concentratie, droog en werkelijk O ₂ [mg/Nm ³]	163	147
methaan TOC concentratie, droog en 15 % O ₂ [mg/Nm ³]	71,7	64,7
methaan TOC massastroom [g/uur]	281	151
jaarlijkse methaan emissie (massastroom x draaiuren per jaar) [kg/jaar]	2.248	1.208

Tabel 6.5 Berekening van de CH₄-emissie van WKK 3 en 4 o.b.v. de maximale capaciteit, het aantal draaiuren en de default EF

Berekeningsgegevens	Jaarlijkse emissie	
max. capaciteit	1,06 MW	
bedrijfstijd	28.800.000 sec/jaar	
max. energieproductie	1.060.000 J/sec	
	0,031 PJ/jaar	
	default EF	
CH ₄	5 ton/PJ	153 kg CH ₄ /jaar

Tabel 6.6 Vergelijking van de jaarlijkse CH₄-emissies op basis van respectievelijk de default EF en meetwaarden bij twee bio-WKK's

Jaarlijkse CH ₄ -emissie	WKK 3	WKK 4
op basis van huidige EF [kg/jaar]	153	153
op basis van meetwaarde [kg/jaar]	2.248	1.208

Uit bovenstaande toelichting blijkt dat de EF toegepast binnen de Vlaamse emissieregistratie waarschijnlijk moet worden bijgesteld. Als potentieel alternatief voor de toegepaste default EF is er enerzijds de waarde uit de Duitse emissieregistratie en anderzijds de waarde uit de studie door VITO in opdracht van VEKA. In Tabel 6.7 is de jaarlijkse CH₄-emissie ten gevolge van methaanslip bij het valoriseren van biogas in een WKK berekend volgens respectievelijk de EF uit de Duitse emissieregistratie en de studie door VITO voor de agro-industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties samen. De berekening is uitgevoerd met data uit 2021. Behalve de emissie wordt ook het percentage methaanslip berekend als de verhouding tussen de methaanemissie op basis van de EF en de totale hoeveelheid geproduceerde methaan. De totale hoeveelheid geproduceerde CH₄ in 2021 wordt berekend op basis van de energieopbrengst van CH₄. Het percentage methaanslip bij de berekening volgens de EF afgeleid door VITO komt overeen met de eerder vermelde 3,8 %. De EF uit de Duitse emissieregistratie resulteert in een methaanslip van 1,8 %. Uit de literatuur blijkt dat de methaanslip 0 tot 3,6 % bedraagt. Naar verwachting situeert de werkelijke EF zich tussen de waarde uit de studie van VITO en die uit de Duitse emissieregistratie. Omdat de EF van VITO gebaseerd is op slechts één meting en overeenkomt met de bovenste waarde bepaald in de literatuur, wordt geopteerd om de EF uit de Duitse emissieregistratie over te nemen. Moesten toekomstige meetresultaten de waarde in de VITO-studie bevestigen, is het aangewezen om de EF alsnog naar boven bij te stellen.

Tabel 6.7 Vergelijking van de berekende methaanslip op basis van respectievelijk de EF uit de studie door VITO en de Duitse emissieregistratie en de volledige biogasproductie door agro-industriële- en GFT-vergistingsinstallaties in Vlaanderen

Berekeningsgegevens		Jaarlijkse emissie	Methaanslip
totale biogasproductie (2021)	5,7 PJ/jaar		
energiewaarde biogas	23,4 MJ/m ³		
gemiddeld CH ₄ -gehalte in biogas	60 %		
dichtheid van CH ₄	0,657 kg/m ³		
totale methaanproductie (2021)	96.733 ton/jaar		
EF			
studie VITO	653 ton CH ₄ /PJ	3.722 ton CH ₄ /jaar	3,8 %
Duitse emissieregistratie	312,3 ton CH ₄ /PJ	1.780 ton CH ₄ /jaar	1,8 %

Bij het toepassen van de EF uit de Duitse emissieregistratie hoort echter ook een kanttekening (zie Tabel 6.8). Wanneer deze waarde wordt toegepast op de eerder vermelde meetrapporten van WKK 3 en WKK 4, komen de berekende emissies namelijk hoger uit dan de meetwaarden. Echter bedraagt het huidige verschil voor WKK 3 een factor 15 (kleiner), waar het met de nieuwe EF verkleint naar een factor 4 (groter). Voor WKK 4 blijft het verschil een factor 8, zij het dan respectievelijk kleiner en groter.

Tabel 6.8 Overzicht van de jaarlijkse CH₄-emissie van twee onderzochte bio-WKK's op basis van verschillende methodes (huidige EF-metingen en de EF uit de Duitse emissieregistratie). De verhoudingen worden weergegeven om de invloed van de alternatieve EF inzichtelijk te maken

	WKK 3	WKK 4
emissie obv huidige EF [kg/jaar]	153	153
emissie obv meetwaarde [kg/jaar]	2.248	1.208
verhouding	15x kleiner	8x kleiner
emissie obv Duitse emissieregistratie [kg/jaar]	9.534	9.534
emissie obv meetwaarde [kg/jaar]	2.248	1.208
verhouding	4x groter	8x groter

Naar aanleiding van de eerder vermelde studie van VITO in opdracht van VEKA, zal VITO een vervolg studie opzetten. Een recente studie in Duitsland toont namelijk via een consultatieproces aan dat onderstaande (reeds van toepassing zijnde) emissiegrenswaarden voor WKK's op aardgas en biogas met een thermisch vermogen vanaf 1MW, technisch haalbaar zijn:

- CH₄: 500 mg C/Nm³ (incl. onverbrande koolwaterstoffen);
- NO_x: 30 mg N₂O/Nm³;
- NH₃: 12 mg NH₃/Nm³.

Bovenstaande emissiegrenswaarden gelden telkens bij een zuurstofgehalte van 15%. Rekening houdend met deze grenswaarde voor CH₄ en uitgaande van het gemiddelde debiet en aantal draaiuren van bovenvermelde WKK 3 en WKK 4 (resp. 1.374 Nm³/u en 8.000 u/jaar) zou dit resulteren in een CH₄-emissie van 5.494 kg C/jaar. Dit is duidelijk hoger dan de emissie berekend op basis van de huidige in Vlaanderen toegepaste EF, maar ook duidelijk hoger dan de waarde berekend op basis van de gemeten waarden bij WKK 3 en 4 (zie Tabel 6.6). De studie die VITO zal uitvoeren onderzoekt de economische haalbaarheid van deze grenswaarden voor zowel nieuwe als bestaande installaties.

6.2.4 Deel 2 - Opwerken biogas

Er wordt geen verschil verwacht in emissies bij het opwerken van biogas dat in oorsprong afkomstig is van andere inputstromen. In de literatuur zijn EF afgeleid voor de CH₄-emissie bij verschillende opwerkingstechnieken. Deze EF worden altijd uitgedrukt als een percentage methaanverlies ten opzichte van de behandelde hoeveelheid CH₄. Zowel de EF voor de niet-specifieke inputstroom als deze met betrekking tot vergisting van slib en industrieel voedselafval liggen in dezelfde lijn. De meest relevante techniek voor Vlaanderen is op dit moment membraanscheiding, wat zorgt voor een methaanemissie van 0,4 tot 0,7 % ten opzichte van de geproduceerde hoeveelheid biomethaan.

6.2.5 Volledige vergistingsinstallatie

In de literatuur zijn soms EF afgeleid voor vergistingsinstallaties als geheel. Ook zijn studies uitgevoerd waarbij de CH₄-emissies gemeten zijn voor de volledige vergistingsinstallatie. Hiervoor wordt typisch de 'top-down' methode toegepast zoals toegelicht in paragraaf 7.3.2.

Wat de afgeleide EF betreft, is in Tabel 6.3 een installatie omvattende EF opgenomen van 1,9 % ten opzichte van de CH₄-productie die werd afgeleid binnen een recente studie uitgevoerd door Ramboll op 29 Deense biogasinstallaties. Welke inputstromen hierbij verwerkt werden, is niet vermeld. Daarnaast worden in dezelfde tabel een aantal EF vermeld specifiek voor GFT-vergistingsinstallaties die toegepast worden binnen de Nederlandse en Duitse emissieregistratie.

De installatie omvattende EF toegepast binnen de Duitse emissieregistratie bedragen 2,6 kg CH₄/ton inputstroom en 7,4 kg CH₄/ton inputstroom voor respectievelijk open en gesloten compostering van het digestaat. In beide gevallen zijn de emissies van de WKK niet beschouwd. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen anaerobe vergisting gevolgd door respectievelijk gesloten en open compostering. De EF voor open compostering ligt ongeveer 3 keer hoger dan die voor gesloten compostering. Echter is open compostering niet van toepassing binnen de Vlaamse context.

Tabel 6.9 geeft een overzicht van installatie omvattende metingen die uitgevoerd zijn in enkele grote studies. Het betreft een studie waarbij metingen zijn uitgevoerd op vergistingsinstallaties binnen Denemarken [56], een studie waarbij vergistingsinstallaties in de UK bemeten zijn [54] en een studie van IEA Bioenergy (international energy agency) met resultaten van metingen aan vergistingsinstallaties op verschillende locaties. Indien gekend, is de capaciteit (verwerking en elektrisch) van de installatie opgenomen, samen met de karakteristieken op vlak van opslag en nabehandeling en de methaanproductie. Voor elk bemeten bedrijf is op basis van de meetresultaten het bedrijfspecifieke verliespercentage aan CH₄ bepaald en vervolgens de bijhorende EF als 'kg CH₄/ton inputstroom'. In beide studies worden de resultaten samengevat over alle bemeten vergistingsinstallaties heen, al dan niet rekening houdend met de inputstromen:

- de studie uitgevoerd in het Verenigd Koninkrijk [54]:
 - inputstroom voedingsafval:
 - bedrijfsgemiddelde methaanverlies: 2,1 % ten opzichte van de geproduceerde hoeveelheid methaan, of 3,3 kg CH₄/ton inputstroom;
 - productie gewogen gemiddelde methaanverlies: 2,3 % ten opzichte van de geproduceerde hoeveelheid methaan, of 3,4 kg CH₄/ton inputstroom;
 - inputstroom landbouw:
 - bedrijfsgemiddelde methaanverlies: 4,8 % ten opzichte van de geproduceerde hoeveelheid methaan, of 7,8 kg CH₄/ton inputstroom;
 - productie gewogen gemiddelde methaanverlies: 4,5 % ten opzichte van de geproduceerde hoeveelheid methaan, of 6,1 kg CH₄/ton inputstroom;
 - alle biogasbedrijven:
 - bedrijfsgemiddelde methaanverlies: 3,7 % ten opzichte van de geproduceerde hoeveelheid methaan, of 6,0 kg CH₄/ton inputstroom;
 - productie gewogen gemiddelde methaanverlies: 3,1 % ten opzichte van de geproduceerde hoeveelheid methaan, of 4,4 kg CH₄/ton inputstroom.
- de studie uitgevoerd in Denemarken [56]:

- inputstroom landbouw:
 - bedrijfsgemiddelde methaanverlies: 2,4 % ten opzichte van de geproduceerde hoeveelheid methaan;
 - productie gewogen gemiddelde methaanverlies: 1,7 % ten opzichte van de geproduceerde hoeveelheid methaan.

Echter is het niet gezegd dat alle bekomen meetresultaten en EF bruikbaar zijn om de emissies vanuit de Vlaamse biogassector in te schatten. Dit hangt namelijk af van een aantal randvoorwaarden. De bemeten installaties moeten namelijk vergelijkbaar zijn met de Vlaamse context. Wanneer dit niet het geval is, kunnen de meetresultaten niet gebruikt worden voor het afleiden van een gemiddelde EF ter berekening van de emissies vanuit Vlaamse biogasinstallaties. Onderstaand worden een aantal randvoorwaarden toegelicht:

- verwerking (ton): in Vlaanderen zijn zowel kleine als grote vergistingsinstallaties actief met een vergunde verwerkingscapaciteit tussen 9.000 en 225.000 ton/jaar (2021). In de literatuur wordt gesuggereerd dat kleinere installaties in verhouding meer emissie veroorzaken dan grotere installaties. Een mogelijke reden hiervoor is dat kleinere installaties minder worden opgevolgd door de beperktere middelen. Zo zouden bijvoorbeeld minder lekdetectietesten plaatsvinden wegens de hoge kost. Echter werd door de stuurgroep van deze studie aangehaald dat in Vlaanderen een deel van de kleinere agro-industriële installaties deel uitmaken van een grotere bedrijvengroep en verwacht kan worden dat ook deze kleinere installaties met dezelfde zorg worden opgevolgd. Er is daarop besloten om geen onderscheid te maken op basis van de capaciteit;
- inputstromen: de meeste vergistingsinstallaties in Vlaanderen verwerken een combinatie van plantaardige en dierlijke inputstromen. Echter zijn er een aantal die enkel plantaardige dan wel dierlijke inputstromen verwerken. Dit onderscheid kan ook gemaakt worden in de lijst met bemeten vergistingsinstallaties. Echter wordt de invloed op het CH₄-verliespercentage eerder beperkt verondersteld, tenzij eventueel het gebruik van DRANCO-reactoren door GFT-vergisters. Dit onderscheid is evenwel niet te maken, omdat het type reactor niet wordt opgegeven;
- digestaat opslag: in Vlaanderen is het toepassen van gesloten opslag verplicht. De meetresultaten bekomen bij een open digestaatopslagsysteem worden daarom niet gebruikt om een gemiddelde EF af te leiden. Wanneer het voor een bemeten installatie onduidelijk is of een digestaatopslagsysteem open dan wel gesloten is, worden de meetresultaten wel gebruikt. Uit de literatuur blijkt namelijk dat het aandeel gesloten opslagsystemen het grootst is. Die enkele bemeten open opslagsystemen komen overeen met de uitzonderingen die in Vlaanderen voorkomen;
- nabehandeling biogas: in Vlaanderen is het gebruik van een WKK op de site het meest voorkomend. De meetresultaten worden dan ook enkel als bruikbaar beoordeeld wanneer minstens een deel van het biogas op de site gebruikt wordt in een WKK. Dit wil zeggen dat ook de meetgegevens van installaties die een deel van het geproduceerde biogas opwerken tot biomethaan of waarvan een deel van het biogasverbruik via WKK buiten de site plaatsvindt worden meegenomen. Momenteel is de opwerking tot biomethaan nog geen standaard praktijk bij de Vlaamse co-vergistingsinstallaties, maar in de toekomst is deze evolutie wel mogelijk (paragraaf 3.4).

Op basis van bovenstaande randvoorwaarden zijn de bruikbare meetgegevens uit Tabel 6.9 geselecteerd. Deze meetgegevens zijn vetgedrukt. Het gemiddelde CH₄-verliespercentage uitgaande van al de bruikbare meetgegevens en de installatie omvattende EF opgenomen van 1,9 % ten opzichte van de CH₄-productie die werd afgeleid binnen een recente studie uitgevoerd door Ramboll, bedraagt 3,1 %.

Voor de meeste metingen uit Tabel 6.9 wordt ook een EF uitgedrukt als 'kg CH₄/kg inputstroom' afgeleid. Deze afleiding op basis van het procentuele CH₄-verlies, de totale hoeveelheid geproduceerde CH₄ en de verwerkte hoeveelheid inputstromen is echter weinig transparant. Zo is het niet altijd duidelijk hoe de totale CH₄-productie berekend wordt. Evenals de verwerkte hoeveelheid inputstromen blijkt dit vaak gebaseerd op inschattingen en aannames. Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat de berekende procentuele CH₄-verliezen betrouwbaarder zijn dan de berekende EF.

Om de onzekerheid betreffende de berekende EF te duiden, zijn een aantal controleberekeningen uitgevoerd uitgaande van de standaard waarden betreffende de biogasopbrengst van inputstromen en het methaangehalte (Bijlage III). De berekening is uitgevoerd voor twee vergistingsinstallaties beschreven in de studies, waarbij de ene enkel plantaardige inputstromen verwerkt en de andere zowel plantaardige als

dierlijke inputstromen. Hierbij wordt eerst het aantal bedrijfsuren teruggerekend op basis van de EF, verwerkte hoeveelheid inputstromen en de totale CH₄-emissie. Vervolgens wordt het berekende aantal uren vermenigvuldigd met de CH₄-productie. Daarnaast wordt de CH₄-productie berekend op basis van de standaardwaarden, waarbij rekening gehouden wordt met het aandeel per type inputstroom. Uit een vergelijking van de resultaten blijkt de berekende geproduceerde hoeveelheid CH₄ merklijk lager te liggen dan de CH₄-productie verondersteld in de studie. Aangenomen dat het verliespercentage betrouwbaarder is, zal de EF uitgedrukt als 'kg CH₄/kg inputstroom' een stuk lager liggen dan afgeleid binnen de studies.

Tabel 6.9 Overzicht van de in de literatuur beschikbare methaanemissiemetingen, uitgevoerd bij vergistingsinstallaties in het buitenland. Het betreft meetresultaten voor de volledige installatie. De vetgedrukte cijfers zijn gemeten bij installaties die overeenkomen met de Vlaamse context en zodus gebruikt bij het bepalen van het gemiddelde verliespercentage

Inputstromen	Verwerking (ton)	Capaciteit (kWe)	Digestaat opslag	Nabehandeling biogas	CH ₄ productie (kg/h)	Totale CH ₄ emissie (kg/h)	% verlies t.o.v. CH ₄ -productie	EF (kg CH ₄ /ton inputstroom)	Referentie
mest, voedselafval, org. afval	50.000	2.000	niet gekend	WKK	861	58,7 ± 25	6,8 ± 2,9	10,3 ± 4,4	[54]
kippenmest en energiegewassen ¹	19.262	1.000	niet gekend	biomethaan en WKK	394	21,9 ± 6,2	5,6 ± 1,6	10 ± 2,8	[54]
kuilmaïs en koeienmest ²	56.400	487	niet gekend	WKK	439	14,0 ± 3,9	3,2 ± 0,9	2,2 ± 0,6	[54]
mest, kuilmaïs en kuilgras ³	12.800	485	niet gekend	WKK	209	16,6 ± 4,1	7,9 ± 0,02	11,4 ± 2,8	[54]
mest, kuilmaïs en org. afval	600.000	/	gesloten	biomethaan (chemische wasser)	1.469	6,5 ± 0,6	0,4 ± 0,04	0,1	[56]
mest en org. afval	300.000	/	gesloten	WKK (deels off site)	888	23,2 ± 1,7	2,6 ± 0,19	0,7	[56]
mest, slachthuisafval, ander org. afval	235.000	/	gesloten	WKK (deels off site)	858	6,4 ± 0,5	0,7 ± 0,06	0,2	[56]
mest en industrieel afval	200.000	/	gesloten	off site WKK	498	3,0 ± 0,3	0,6 ± 0,06	0,1	[56]
mest en kuilmaïs	118.000	/	gesloten	biomethaan (chemische wasser)	411	10,7 ± 0,5	2,6 ± 0,12	0,8	[56]
mest, slachthuisafval, ander org. afval	225.000	/	gesloten	WKK (deels off site)	404	6,4 ± 0,2	1,6 ± 0,06	0,2	[56]
mest, organisch afval en kuilmaïs	170.000	/	gesloten	WKK	333	14,9 ± 0,9	4,5 ± 0,26	0,8	[56]
mest en organisch afval	37.000	/	gesloten	WKK	234	6,1 ± 0,8	2,6 ± 0,35	1,4	[56]
mest, kuilmaïs, kuilgras en glycerol	30.000	/	gesloten	off site WKK	74	6,4 ± 0,4	8,6 ± 0,5	1,9	[56]
voedselafval	45.000	2.600	niet gekend	WKK	970	12,6 ± 3,8	1,3 ± 0,4	2,5 ± 0,7	[54]
voedselafval	49.000	1.519	niet gekend	WKK	654	0,1 ± 0,02	0,02 ± 0,003	0,02 ± 0,004	[54]
voedselafval	50.000	1.411	gesloten	biomethaan en WKK	709	2,8 ± 0,8	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,1	[54]
kuilmaïs	20.000	989	gesloten	WKK	425	14,3 ± 4,2	3,4 ± 1,0	6,3 ± 1,8	[54]

¹ Specifieke samenstelling: 56 % aardappelresten, 42 % kippenmest, 2 % mais.

² Specifieke samenstelling: 57 % koeienmest, 43 % mais.

³ Specifieke samenstelling: 49 % mais, 33 % drijfmest, 18 % gras kuilvoer

Inputstromen	Verwerking (ton)	Capaciteit (kWe)	Digestaat opslag	Nabehandeling biogas	CH ₄ productie (kg/h)	Totale CH ₄ emissie (kg/h)	% verlies t.o.v. CH ₄ -productie	EF (kg CH ₄ /ton inputstroom)	Referentie
kuilgras	2.964	500	niet gekend	WKK	198	0,5 ± 0,1	0,3 ± 0,1	1,5 ± 0,3	[54]
kuilmaïs en voederrogge	/	/	gesloten	WKK en biomethaan (chemische wasser)	400	2,3 ± 0,4	0,6 ± 0,1	/	[56]
energiegewassen	/	/	gesloten	biomethaan	329	1,49	0,4	/	[18]
biologisch afval	/	610	gesloten	WKK	/	2,3 - 4,2	2,8 - 5,2		[18]
biologisch afval	/	580	gesloten	WKK	/	2,2 - 3,2	1,6 - 1,9	/	[18]
energiegewassen	/	/	gesloten	biomethaan	329 - 394	/	0,5 ± 0,2	/	[18]
groentenafval	10.000	500	niet gekend	WKK	215	17,5 ± 3,7	8,1 ± 1,7	15,3 ± 3,2	[54]
Organisch huishoudelijk afval	45.000	/	/	/	/	28,5 ± 6,1	/	5,5	[54]
mest en slachthuisafval	240.000	/	gesloten	biomethaan (wasser)	1.083	19,1 ± 2,5	1,8 ± 0,23	0,7	[56]
droge mest	/	1.000	open	WKK	46 - 149	3,66	3,1	/	[18]

6.3 NH₃-emissiefactoren

Zoals aangegeven in paragraaf 4.2.2 zijn er NH₃-emissies mogelijk uit zowel deel 1 van de installatie als de digestaatnabehandeling. Tabel 6.10 geeft de emissiefactoren (EF) weer die beschikbaar zijn in de literatuur. De eerste kolom geeft aan om welke processtap of welk deel van de installatie het gaat. De tweede kolom toont de inputstroom waarbij de betreffende EF is bepaald en de volgende kolommen geven de EF weer. Hierbij wordt eerst de originele EF weergegeven en daarna, indien relevant en mogelijk, de omgerekende EF. In de kolommen met omgerekende EF staan enkel EF onder elkaar met dezelfde eenheid, zodat deze eenvoudig te vergelijken zijn. Voor originele EF die reeds in de juiste eenheid staan, wil dit zeggen dat ze gewoon herhaald worden. Het omrekenen gebeurt op basis van de standaardwaarden weergegeven in paragraaf 6.1. In de volgende paragrafen worden de EF per processtap/installatieonderdeel meer in detail toegelicht.

Tabel 6.10 Overzicht van de EF voor NH₃ die beschikbaar zijn in de literatuur met weergave van de processtap(pen) of installatieonderdelen waarop de EF van toepassing is, de inputstroom waarbij de EF is bepaald, de originele EF en de omgerekende EF om de vergelijkbaarheid tussen verschillende referenties te verbeteren. 'TAN' staat hierbij voor totale ammoniakale stikstof en 'IS' voor inputstroom

Processtap/installatie onderdeel	Grondstof	Originele EF	Omgerekende EF	Omgerekende EF	Ref.
voorbehandeling	drijfmest	24 kg NH ₃ /ton TAN	15,6 kg NH ₃ -N/ton N ¹	20 kg NH ₃ -N/ton TAN	[50]
voorbehandeling	GFT (onderdeel van plantaardige afvalstromen)	0,9 kg NH ₃ -N/ton N	0,9 kg NH ₃ -N/ton N		[44]
vergisting	GFT (onderdeel van plantaardige afvalstromen)	0,0 kg NH ₃ -N/ton N	0,0 kg NH ₃ -N/ton N		[44]
digestaatopslag	varkensmest	20 kg NH ₃ -N/ton N	20 kg NH ₃ -N/ton N		[51]
digestaatopslag	rundveemest	10 kg NH ₃ -N/ton N	10 kg NH ₃ -N/ton N		[51]
digestaatopslag (open)	E-gewassen	45 kg NH ₃ -N/ton TAN		37 kg NH ₃ -N/ton TAN	[50]
digestaatopslag (open)	GFT (onderdeel van plantaardige afvalstromen)	26,6 kg NH ₃ -N/ton N	26,6 kg NH ₃ -N/ton N		[44]
volledig deel 1	mest	0,5 kg NH ₃ -N/ton N	0,5 kg NH ₃ -N/ton N		[49]
volledig deel 1 (gesloten installatie + biofilter)	GFT (onderdeel van plantaardige afvalstromen)	0,0023 kg NH ₃ /ton IS	0,4 kg NH ₃ -N/ton N		[52]
volledige installatie (gesloten installatie, gesloten compostering + biofilter, zonder WKK)	GFT (onderdeel van plantaardige afvalstromen)	0,14 kg NH ₃ /ton IS	26 kg NH ₃ -N/ton N		[50]

¹ Uitgaande van 5 g TAN/L drijfmest en een dichtheid van drijfmest gelijk aan 1 kg/L.

Processtap/installatie onderdeel	Grondstof	Originele EF	Omgerekende EF	Omgerekende EF	Ref.
volledige installatie (gesloten installatie, open compostering, zonder WKK)	GFT (onderdeel van plantaardige afvalstromen)	0,48 kg NH ₃ /ton IS	89 kg NH ₃ -N/ton N		[50]

6.3.1 Deel 1 van de vergistingsinstallatie

Wat emissies afkomstig van de voorbehandeling betreft, vermeldt de Duitse emissieregistratie een EF van 24 kg NH₃/ton TAN¹ in de inputstroom voor drijfmest. De EF is afgeleid als een gemiddelde waarde over alle gesloten opslagsystemen voor onbehandelde drijfmest. Daarnaast is ook een default EF opgenomen van 0,9 kg NH₃-N/ton N in het deel 'biological treatment of waste - anaerobic digestion at biogas facilities' van het EMEP Guidebook 2019. De achterliggende data verwijst naar een Duitse studie waarbij organisch huishoudelijk afval en groenafval (tuinafval) gebruikt zijn als inputstroom. De EF afgeleid bij de voorbehandeling van drijfmest is ongeveer 17 keer groter dan die bij de voorbehandeling van GFT-afval. De reden voor dit verschil is niet duidelijk. Mogelijk is er een verschil in de nabehandeling van de afgezogen lucht uit de opslaghallen, maar dit kan niet bevestigd worden op basis van de beschikbare achtergrondinformatie.

Voor de vergisting zelf is er enkel een default EF van 0 kg NH₃-N/ton N opgenomen in het deel 'biological treatment of waste - anaerobic digestion at biogas facilities' van het EMEP Guidebook 2019. Net zoals bij de voorbehandeling is de EF afgeleid bij het verwerken van GFT-afval. Deze nulwaarde komt door het feit dat de vergistingsreactor luchtdicht verondersteld wordt, waardoor naar verwachting geen emissies optreden. Ook bij de Nederlandse emissieregistratie wordt een EF van nul aangenomen voor het vergistingsproces (niet vermeld in de tabel). Men gaat ervan uit dat de verliezen vanuit de vergister zelf verwaarloosbaar zijn. Deze aanname is te verantwoorden aangezien de vergistingsinstallatie in principe lekdicht wordt uitgevoerd en de NH₃-concentratie in biogas beperkt is. De NH₃-concentratie varieert van 0,01 tot 2,5 mg/Nm³ [25]. Uitgaande van een dichtheid van NH₃ gelijk aan 0,73 kg/m³, komt de vermelde bovengrens overeen met 0,0034 Vol%.

De Nederlandse emissieregistratie hanteert emissiefactoren voor de opslag van digestaat afkomstig van varkens- en rundveemest gelijk aan respectievelijk 20 en 10 kg N/ton N in de mest. Daarnaast is een default EF van 26,6 kg NH₃-N/ton N opgenomen in het deel 'biological treatment of waste - anaerobic digestion at biogas facilities' van het EMEP Guidebook 2019, afgeleid bij verwerking van GFT-afval. Deze EF geldt voor open opslagsystemen. In Vlaanderen moet de vooropslag en -behandeling en de digestaatopslag conform VLAREM plaatsvinden in afgesloten systemen in onderdruk waarvan de afgezogen lucht behandeld wordt. Hierdoor is de EF afgeleid bij open opslagsystemen niet toepasbaar. Ook binnen de Duitse emissieregistratie is enkel een EF afgeleid voor open digestaatopslagsystemen van 45 kg/ton TAN, zij het dan bij de verwerking van energiegewassen. Bij het hanteren van een gesloten opslagsysteem zijn volgens de Duitse emissieregistratie geen NH₃-emissies te verwachten (EF 0 kg/ton TAN, niet vermeld in de tabel). Om dezelfde reden als voor de default EF is de Duitse EF voor open digestaatopslagsystemen niet toepasbaar binnen de Vlaamse context.

Tot slot zijn er twee EF beschikbaar die het volledige deel 1 van de installatie omvatten. Er is de default EF van 0,5 kg NH₃-N/ton N die momenteel wordt toegepast binnen EMAV2.1 voor het berekenen van de 'niet-energetische NH₃-emissies bij het vergisten van mest' alsof het voor de volledige vergistingsinstallatie geldt. Echter is het niet duidelijk of deze default EF effectief van toepassing is op de hele installatie. Ook via de VMM en andere leden van de stuurgroep is geen achtergrondinformatie beschikbaar rond deze default EF. Op basis van de voetnoot bij tabel 10.22 in de IPCC 2019 Refinements to 2006 IPCC guidelines blijkt deze EF van toepassing op zowel de vergistingsreactor als de digestaatopslag en bij uitbreiding dus voor deel 1 van de vergistingsinstallatie [49]. De voetnoot bij het verwerkingssysteem 'anaerobe vergisting' verwijst namelijk

¹ De totale ammoniakale stikstof (TAN) is een maat voor het gedeelte van de stikstof in mest dat kan worden omgezet in NH₃ en komt overeen met de minerale stikstof in de mest.

naar het belang van de digestaatopslag bij het inschatten van stikstofemissies. Uit deze tabel blijkt ook dat de vermelde EF betrekking heeft op stikstofverliezen door vervluchtiging onder de vorm van NH_3 én NO_x . Gezien de beperkte aerobe condities is het aannemelijk dat de emissie voornamelijk optreedt in de vorm van NH_3 .

Daarnaast vermeldt ook de Nederlandse emissieregistratie een NH_3 EF voor heel deel 1 van de vergistingsinstallatie afgeleid bij de verwerking van GFT-afval. Deze EF bedraagt 0,0023 kg NH_3 /ton inputstroom en is op dezelfde manier afgeleid als de EF voor CH_4 . Om dezelfde reden wordt deze dan ook beschouwd als zijnde van toepassing op deel 1 van de vergistingsinstallatie. Omgerekend komt deze Nederlandse EF (0,4 kg NH_3 -N/ton N) goed overeen met de default EF van 0,5 kg NH_3 -N/ton N. Deze overeenkomst lijkt te bevestigen dat de inputstroom waarbij een bepaalde EF is afgeleid geen belang heeft wanneer de EF uitgedrukt wordt 'per ton N'. Een duidelijke verklaring voor het verschil tussen de EF voor heel deel 1 en de verschillende processen binnen deel 1 van de vergistingsinstallatie is ook hier niet te vinden.

Er bestaan duidelijk grote verschillen tussen de afgeleide EF. Aangezien op heden al een NH_3 -meetverplichting geldt op deel 1 van de vergistingsinstallatie, is het aangewezen om deze data jaarlijks te gebruiken om de emissies te inventariseren. Een alternatief is om de data éénmalig op te vragen voor een aantal opeenvolgende jaren en hieruit een EF af te leiden voor de Vlaamse vergistingsinstallaties. Dit vraagt echter de nodige tijd. In afwachting hiervan wordt geopteerd om de default EF van 0,5 kg NH_3 -N/ton N toe te passen voor het berekenen van de NH_3 -emissies afkomstig uit deel 1 van de vergistingsinstallatie. Deze waarde is het meest onafhankelijk van landspecifieke factoren die de EF beïnvloeden.

6.3.2 Deel 2 - Digestaatnabehandeling

Er zijn geen NH_3 EF beschikbaar die specifiek zijn afgeleid voor de nabehandeling van digestaat.

6.3.3 Volledige vergistingsinstallatie

Voor ammoniak zijn binnen de Duitse emissieregistratie algemene EF afgeleid bij de verwerking van GFT-afval. Deze EF bedragen 0,14 kg NH_3 /ton inputstroom en 0,48 kg NH_3 /ton inputstroom voor respectievelijk gesloten en open compostering van het digestaat en zijn op dezelfde manier afgeleid als de EF voor CH_4 . Open compostering is niet toegelaten in Vlaanderen, waardoor deze waarde niet van toepassing is. Wat opvalt is het grote verschil tussen de EF voor heel deel 1 van vergistingsinstallatie en deze EF voor de volledige installatie. Dit zou willen zeggen dat de digestaatnabehandeling in de vorm van compostering een zeer grote bijdrage heeft aan de totale NH_3 -emissie. Afgaande op de EF voor compostering als mestverwerkingstechniek die toegepast wordt in EMAV2.1, heeft compostering inderdaad een groot NH_3 -vormend potentieel in vergelijking met vergisting. Het is echter onduidelijk of het aandeel van de digestaatcompostering zo groot kan zijn. Verwijzend naar de EF uit EMAV2.1 zou dit namelijk willen zeggen dat de NH_3 -emissie bij het composteren van digestaat 4 tot 5 keer hoger ligt dan de EF voor compostering als mestverwerkingstechniek, terwijl reeds een deel van de aanwezige stikstof gemineraliseerd is in de voorgaande vergisting.

6.4 N_2O -emissiefactoren

Zoals aangegeven in paragraaf 4.2.2 zijn enkel (significante) N_2O -emissies te verwachten vanuit de digestaatnabehandeling. Tabel 6.11 geeft de emissiefactoren (EF) weer die beschikbaar zijn in de literatuur. De eerste kolom geeft aan om welke processtap of welk deel van de installatie het gaat. De tweede kolom toont de inputstroom waarbij de betreffende EF is bepaald en de volgende kolommen geven de EF weer. Hierbij wordt eerst de originele EF weergegeven en daarna, indien relevant en mogelijk, de omgerekende EF. In de kolommen met omgerekende EF staan enkel EF onder elkaar met dezelfde eenheid, zodat deze

eenvoudig te vergelijken zijn. Voor originele EF die reeds in de juiste eenheid staan, wil dit zeggen dat ze gewoon herhaald worden. Het omrekenen gebeurt op basis van de standaardwaarden weergegeven in paragraaf 6.1.

Tabel 6.11 Overzicht van de EF voor N₂O die beschikbaar zijn in de literatuur met weergave van de processtap(pen) of installatieonderdelen waarop de EF van toepassing is, de inputstroom waarbij de EF is bepaald, de originele EF en de omgerekende EF om de vergelijkbaarheid tussen verschillende referenties te verbeteren. 'IS' staat hierbij voor inputstroom

Processtap/installatie onderdeel	Grondstof	Originele EF	Omgerekende EF	Ref.
volledig deel 1	E-gewassen	1,72 kg N ₂ O-N/ton N	1,72 kg N ₂ O-N/ton N	[50]
volledig deel 1	mest	0,6 kg N ₂ O-N/ton N	0,6 kg N ₂ O-N/ton N	[49]
volledig deel 1	vaste mest	2,12 kg N ₂ O-N/ton N	2,12 kg N ₂ O-N/ton N	[50]
volledig deel 1 (gesloten installatie + biofilter)	GFT (onderdeel van plantaardige afvalstromen)	0,046 kg N ₂ O/ton IS	2,7 kg N ₂ O-N/ton N	[52]
biogasvalorisatie	n.v.t.	0,1 ton N ₂ O/PJ		[53]
volledige installatie (gesloten installatie, gesloten compostering + biofilter, zonder WKK)	GFT (onderdeel van plantaardige afvalstromen)	0,066 kg N ₂ O/ton IS	3,9 kg N ₂ O-N/ton N	[50]
volledige installatie (gesloten installatie, open compostering, zonder WKK)	GFT (onderdeel van plantaardige afvalstromen)	0,075 kg N ₂ O/ton IS	4,4 kg N ₂ O-N/ton N	[50]

Voor de volledigheid zijn in bovenstaande tabel wel de door de Duitse en Nederlandse emissieregistratie toegepaste EF en default EF voor deel 1 van de vergistingsinstallatie en het valoriseren van biogas opgenomen. Voor deel 1 van de installatie past de Duitse emissieregistratie voor vergisten van energiegewassen en vaste mest een EF toe van respectievelijk 1,72 kg N₂O-N/ton N en 2,12 kg N₂O-N/ton N. Beide EF omvatten emissies van vergisting en digestaatopslag. Wat de digestaatopslagsystemen betreft, heeft de Duitse emissieregistratie eigen EF afgeleid waarbij ook open digestaatopslagsystemen worden beschouwd. Als reden hiervoor merkt men op dat voor gasdichte opslagsystemen volgens IPCC (2006a Vol4, 10.63) een EF van 0 kg N₂O-N/kg N kan worden aangenomen, maar dat deze waarde geen rekening houdt met een open opslagsysteem voor digestaat. Het feit dat ook open digestaatopslagsystemen beschouwd zijn, maakt dat deze EF de emissies binnen de Vlaamse context naar verwachting overschat. Naast de Duitse emissieregistratie heeft ook de Nederlandse emissieregistratie een EF afgeleid. Deze bedraagt 0,046 kg N₂O/ton inputstroom en geldt voor heel deel 1 van de vergistingsinstallatie bij verwerking van GFT-afval. Deze waarde komt redelijk overeen met de waarde toegepast binnen de Duitse emissieregistratie. Tot slot is er ook een default EF van 0,6 kg N₂O-N/ton N, die toegepast wordt in EMAV3.0 en afkomstig is van de IPCC 2019 Refinements to the 2006 IPCC Guidelines [49]. Deze waarde ligt merkkelijk lager dan de voorgaande EF. Er is geen duidelijke verklaring voor het verschil, aangezien de andere EF afgeleid zijn voor zowel een combinatie van open en gesloten digestaatopslagsystemen als een volledig gesloten installatie. Omwille van de overwegend anaerobe condities in de vergistingsreactor en de digestaatopslag, wordt echter aangenomen dat geen N₂O emitteert vanuit deel 1 van de vergistingsinstallatie.

Bij het verbranden van biogas in een WKK kan N₂O theoretisch gevormd worden, maar het aandeel wordt zeer beperkt en niet significant verondersteld. Echter wordt de energetische emissie van dit broeikasgas op heden wel meegenomen in de inventaris op basis van de default EF van 0,1 ton/PJ. De aanname dat de resulterende emissie niet-significant is, wordt bevestigd door het berekenen van de totale emissie ten gevolge van verbranding in 2021. De biogasproductie door alle agro-industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties samen bedroeg 5,7 PJ. Volgens de default EF resulteert dit in een emissie van 0,6 ton N₂O. Het is niet mogelijk om deze emissie te vergelijken met een emissie afkomstig van de digestaatnabehandeling, omdat hier geen EF voor zijn (paragraaf 6.4.1). Wel is een vergelijking mogelijk met

de totale N₂O-emissie in Vlaanderen. De totale N₂O-emissie in Vlaanderen bedroeg ongeveer 8.600 ton in 2021. De 0,6 ton komt overeen met 0,007 % van het totaal en is in dat opzicht niet significant te noemen.

6.4.1 Deel 2 - Digestaatsnabehandeling

Er zijn geen N₂O EF beschikbaar die specifiek zijn afgeleid voor de nabehandeling van digestaat.

6.4.2 Volledige vergistingsinstallatie

Ook voor N₂O vermeldt de Duitse emissieregistratie EF afgeleid bij vergisting van GFT-afval. Deze EF bedragen 0,066 kg N₂O/ton inputstroom en 0,075 kg N₂O/ton inputstroom bij respectievelijk gesloten en open compostering. Verder zijn ze op dezelfde manier afgeleid als de EF voor CH₄ en NH₃. De Duitse EF afgeleid bij open compostering van het digestaat is niet toepasbaar binnen de Vlaamse context. De waarde voor gesloten compostering ligt iets hoger dan bijvoorbeeld de Nederlandse waarde voor deel 1 van de installatie. Dit is te verklaren door het bijkomend beschouwen van de emissies afkomstig van de digestaatsnabehandeling.

6.5 NO_x-emissiefactoren

Zoals aangegeven in paragraaf 4.2.2 zijn (significante) NO_x-emissies te verwachten vanuit de digestaatsnabehandeling en bij het verbranden van biogas in een WKK, waarbij deze laatste bron duidelijk overheerst. Tabel 6.12 geeft de emissiefactoren (EF) weer die beschikbaar zijn in de literatuur. De eerste kolom geeft aan om welke processtap of welk deel van de installatie het gaat. De tweede kolom toont de 8 inputstroom waarbij de betreffende EF is bepaald en de volgende kolommen geven de EF weer. Hierbij wordt eerst de originele EF weergegeven en daarna, indien relevant en mogelijk, de omgerekende EF. In de kolommen met omgerekende EF staan enkel EF onder elkaar met dezelfde eenheid, zodat deze eenvoudig te vergelijken zijn. Voor originele EF die reeds in de juiste eenheid staan, wil dit zeggen dat ze gewoon herhaald worden. Het omrekenen gebeurt op basis van de standaardwaarden weergegeven in paragraaf 6.1.

Tabel 6.12 Overzicht van de EF voor NO_x die beschikbaar zijn in de literatuur met weergave van de processtap(pen) of installatieonderdelen waarop de EF van toepassing is, de inputstroom waarbij de EF is bepaald, de originele EF en de omgerekende EF om de vergelijkbaarheid tussen verschillende referenties te verbeteren. 'IS' staat hierbij voor inputstroom

Processtap/installatie onderdeel	Grondstof	Originele EF	Omgerekende EF	Ref.
volledig deel 1	E-gewassen	0,172 kg NO ₂ -N/ton N	0,172 kg NO ₂ -N/ton N	[50]
volledig deel 1	mest	0,6 kg NO ₂ -N/ton N	0,6 kg NO ₂ -N/ton N	[49]
volledig deel 1	vaste mest	0,212 kg NO ₂ -N/ton N	0,212 kg NO ₂ -N/ton N	[50]
volledig deel 1 (gesloten installatie + biofilter)	GFT (onderdeel van plantaardige afvalstromen)	0,18 kg NO ₂ /ton IS	10 kg NO ₂ -N/ton N	[52]
biogasvalorisatie	n.v.t.	48 ton/PJ		[57]

Voor de volledigheid zijn in bovenstaande tabel de door de Duitse en Nederlandse emissieregistratie toegepaste EF en default EF voor deel 1 van de vergistingsinstallatie opgenomen. De Duitse emissieregistratie vermeldt een EF voor NO vanuit deel 1 van de vergistingsinstallatie bij het vergisten van mest. In de lucht reageert NO snel tot NO₂. De EF in kwestie wordt afgeleid als zijnde 10 % van de EF voor N₂O. Aangezien de EF gebaseerd is op die van N₂O, zijn hierbij dezelfde kanttekeningen te maken. Zo is het

aannemelijk dat de gasdichte digestaatopslagsystemen eveneens geen NO_x emitteren en dat het beschouwen van open opslagsystemen maakt dat de emissies mogelijk overschat worden. Binnen EMAV3.0 wordt aangenomen dat de EF voor NO_x gelijk is aan de EF voor N_2O [58]¹. In het rapport van EMAV3.0 staat vermeld dat deze waarden gelijk kunnen worden verondersteld op basis van het onderzoek door Oenema et al. (2000). Dit maakt wel dat het verschil tussen de EF een factor 3 blijft, zij het dan in de omgekeerde richting.

De Nederlandse emissieregistratie vermeldt een EF van 0,18 kg NO_x /ton inputstroom. Opvallend hierbij is dat deze EF voor deel 1 van de installatie 3 tot 4 keer groter is dan de EF van N_2O , terwijl bovenstaand dezelfde EF wordt aangehouden of zelfs slechts 10 % van de EF voor N_2O . De reden van dit grote verschil kon niet worden achterhaald. Om deze Nederlandse EF afgeleid bij verwerking van GFT-afval in perspectief te plaatsen, wordt aangenomen dat de emissie vanuit deel 1 van de installatie beperkt is ten opzichte van de NO_x -emissie die ontstaat door verbranding van biogas in een WKK. Echter blijkt deze aanname bij het toepassen van bovenstaande EF op de GFT-vergistingsinstallaties niet correct. Voor de controleberekening is gebruik gemaakt van data van de Vlaamse biogassector uit 2021:

- de NO_x -emissie vanuit deel 1 van de GFT-vergistingsinstallaties kan berekend worden door het vermenigvuldigen van de vergunde capaciteit van de GFT-vergistingsinstallaties (149.000 ton/jaar in 2021) met de EF van 0,18 kg NO_x /ton inputstroom. Dit resulteert in een jaarlijkse emissie van 27 ton NO_x ;
- de emissie vanuit de WKK's kan berekend worden door de geproduceerde hoeveelheid biogas (0,2 PJ) te vermenigvuldigen met de bijgestelde default EF voor NO_x (120 ton NO_x /PJ, paragraaf 6.5.2). Dit resulteert in een jaarlijkse emissie van 28 ton NO_x .

De berekende energetische NO_x -emissie is ongeveer gelijk aan de niet-energetische emissie uit deel 1 van de vergistingsinstallatie. Gezien de anaerobe condities in deel 1 en de eerdere aanname dat geen significante NO_x -emissies te verwachten zijn uit deel 1 van de vergistingsinstallaties, is deze EF niet toepasbaar.

6.5.1 Deel 2 - Digestaatnabehandeling

Er zijn geen NO_2 EF beschikbaar die specifiek zijn afgeleid voor de nabehandeling van digestaat.

6.5.2 Deel 2 - Biogasvalorisatie (WKK)

De vermelde EF van 48 ton NO_x /PJ is de default EF voor het bepalen van de energetische emissie die wordt toegepast binnen de Vlaamse emissie-inventaris.

Voor de WKK's vermeld in paragraaf 6.2.3 kan op basis van de meetresultaten bezorgd door dOMG (afdeling Handhaving) niet enkel de CH_4 -emissie berekend worden, maar ook de jaarlijkse NO_x -emissie (Tabel 6.13). Daarnaast kan triviaal aan de berekening van de CH_4 -emissie ook de NO_x -emissie berekend worden uitgaande van de maximale capaciteit van de WKK tijdens alle draaiuren en de in Vlaanderen toegepaste (default) EF (Tabel 6.14). De theoretische emissie is gelijk voor beide WKK's, aangezien de maximale capaciteit en het aantal draaiuren gelijk zijn. In Tabel 6.15 worden de berekende waarden vergeleken met de gemeten waarden. De jaarlijkse emissie op basis van de meetwaarden is in beide gevallen hoger dan de emissie berekend op basis van de default EF. De huidige in Vlaanderen toegepaste EF lijkt dus een onderschatting van de NO_x -emissie vanuit bio-WKK's in te houden.

¹ Ter informatie: 1 kg $\text{NO}_x\text{-N}$ komt overeen met 3,3 kg NO_x (molaire massa NO_2 /molaire massa N).

Tabel 6.13 Overzicht van de gegevens en NO_x meetresultaten uit de meetrapporten aangeleverd door VMM van metingen uitgevoerd op WKK's die werken op biogas

Meetpunt	'WKK 3'	'WKK 4'
capaciteit [MWe]	1,06	1,06
draaiuren/jaar	8.000	8.000
gemiddeld debiet [Nm ³ /uur]	1.721	1.026
zuurstofgehalte [%]	7,36	6,89
NO _x concentratie, droog en werkelijk O ₂ [mg/Nm ³]	386	256
NO _x concentratie, droog en 15 % O ₂ [mg/Nm ³]	169	109
NO _x massastroom [g/uur]	664	263
jaarlijkse NO _x -emissie (massastroom x draaiuren per jaar) [kg/jaar]	5.312	2.104

Tabel 6.14 Berekening van de NO_x-emissie van WKK 3 en 4 op basis van de maximale capaciteit, het aantal draaiuren en de default EF

Berekeningsgegevens	Jaarlijkse emissie	
max. capaciteit	1,06 MW	
bedrijfstijd	28.800.000 sec/jaar	
max. energieproductie	1.060.000 J/sec	
	0,031 PJ/jaar	
default EF		
NO _x	48 ton/PJ	1.465 kg NO _x /jaar

Tabel 6.15 Vergelijking van de jaarlijkse NO_x-emissies op basis van respectievelijk de default EF en meetwaarden bij twee bio-WKK's

Jaarlijkse NO _x -emissie	WKK 3	WKK 4
op basis van huidige EF [kg/jaar]	1.465	1.465
op basis van meetwaarde [kg/jaar]	5.312	2.104

Op basis van bovenstaande vergelijking is de berekende NO_x-emissie op basis van de default EF een factor 1,5 tot 3,5 lager dan de werkelijke emissie. Om gemiddeld gezien een betere inschatting te bekomen van de NO_x-emissies, moet de toegepaste EF met factor 2 tot 2,5 verhoogd worden. Dit resulteert in een maximaal gecorrigeerde EF van 120 ton NO_x/PJ. Echter is het aangeraden om ofwel voor meerdere bemeten biogas-WKK's de vergelijking te maken tussen de berekende emissie op basis van de default EF en de gemeten emissie, ofwel een nieuwe EF af te leiden uit de verhouding van de gemeten NO_x-emissies en de geproduceerde energie voor meerdere biogas-WKK's. Dit moet uitsluitsel geven over de juistheid van de huidige default EF en de noodzakelijke correctie.

6.6 Emissieberekening

In deze paragraaf worden de eigenlijke emissieberekeningen per broeikasgas en pollutant uitgewerkt. De basis hiervoor zijn de EF toegelicht in de voorgaande paragrafen. De berekening wordt telkens schematisch weergegeven en ook de manier waarop de data beschikbaar is wordt aangegeven. Ter ondersteuning van dit hoofdstuk is een Excelberekening opgemaakt op basis van data voor het jaar 2021. In deze Excel:

- bevatten de eerste drie tabbladen respectievelijk aangeleverde data, standaard gegevens en een overzicht van de emissiefactoren zoals ze ook in de vorige paragraaf zijn weergegeven;
- zijn de berekeningen van niet-significante emissies of volgens de niet gekozen methode rood gearceerd.

6.6.1 CH₄-emissies

In deze paragraaf worden de eigenlijke emissieberekeningen per broeikasgas en pollutant uitgewerkt. De basis hiervoor zijn de EF toegelicht in de voorgaande paragrafen. De berekening wordt telkens schematisch weergegeven en ook de manier waarop de data beschikbaar is wordt aangegeven. Ter ondersteuning van dit hoofdstuk is een Excelberekening opgemaakt op basis van data voor het jaar 2021. In deze Excel:

- bevatten de eerste drie tabbladen respectievelijk aangeleverde data, standaard gegevens en een overzicht van de emissiefactoren zoals ze ook in de vorige paragraaf zijn weergegeven;
- zijn de berekeningen van niet-significante emissies of volgens de niet gekozen methode rood gearceerd.

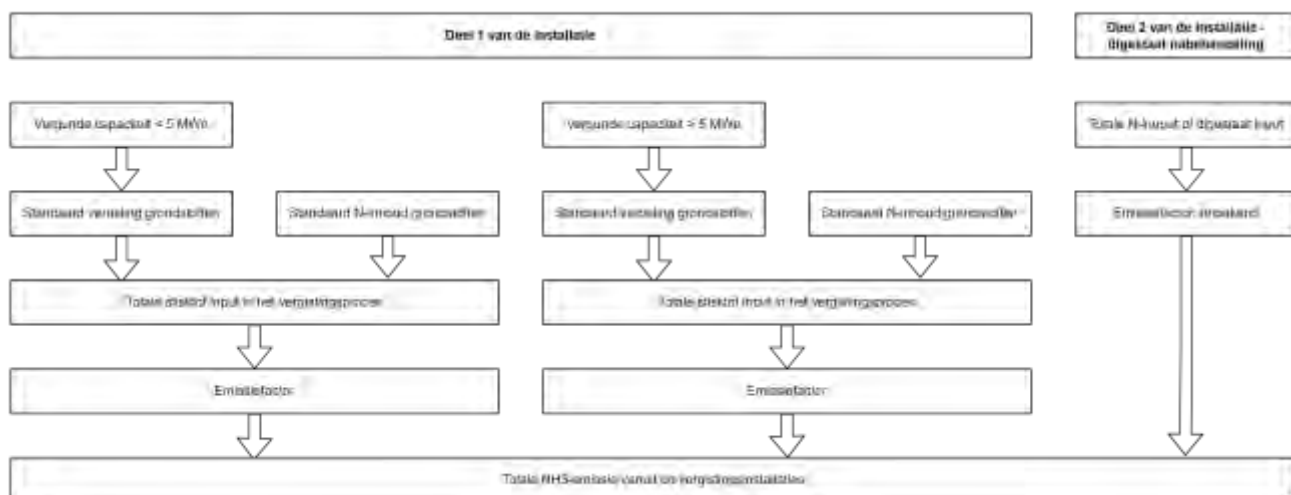
6.6.2 NH₃-emissies

Aangezien in de literatuur EF zijn afgeleid specifiek voor GFT-vergisting, rekening houdend met de verplichte digestaatcompostering, wordt de berekening in dit geval wel opgesplitst tussen agro-industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties.

Agro-industriële vergistingsinstallaties

De totale NH₃-emissie is de som van de geleide emissies uit deel 1 van de vergistingsinstallatie en de emissies die ontstaan bij de digestaatnabehandeling. Deze laatste emissies kunnen vrijkomen via een geleid emissiepunt, dat al dan niet gekoppeld is aan de luchtbehandelingsinstallatie van deel 1, of beschouwd worden als een diffuse emissiebron wanneer de nabehandeling in openlucht plaatsvindt (open compostering en biologische N-verwijdering). In het eerste geval zitten de emissies van de nabehandeling vervat in de NH₃-meetresultaten van de halfjaarlijkse meting. In het tweede geval moet de emissie worden ingeschat via een emissiefactor voor de diffuse emissiebron, waarbij het percentage digestaat dat naar deze bron gaat in rekening wordt gebracht. Afbeelding 6.1 geeft de berekening schematisch weer. De totale stikstofinput wordt berekend op basis van de vergunde capaciteiten van de agro-industriële vergistingsinstallaties, de standaard verdeling van de verwerkte inputstromen volgens VEKA en de standaard gemiddelde N-inhoud per inputstroom. Deze N-input wordt vervolgens vermenigvuldigd met de default EF. Wat deel 2 van de vergistingsinstallatie betreft zijn momenteel te weinig gegevens beschikbaar om de NH₃-emissie te berekenen.

Afbeelding 6.1 Schematische weergave van de NH₃-emissieberekening van de agro-industriële vergistingsinstallaties



Bovenstaande schematische weergave ziet er in formulevorm uit als volgt:

$$AE = (Tm * Nm + Te * Ne + To * No) * EFa * 10^{-3} + Ead$$

Met:

- AE = NH₃-emissie vanuit de agro-industriële vergisters in Vlaanderen [ton NH₃/jaar];
- Tm = de totale hoeveelheid verwerkte mest door de Vlaamse agro-industriële vergistingsinstallaties [ton mest/jaar];
- Nm = gemiddeld stikstofgehalte in mest [kg N/ton mest];
- Te = de totale hoeveelheid verwerkte E-gewassen door de Vlaamse agro-industriële vergistingsinstallaties [ton E-gewassen/jaar];
- Ne = gemiddeld stikstofgehalte in E-gewassen [kg N/ton E-gewassen];
- To = de totale hoeveelheid verwerkte plantaardige afvalstromen door de Vlaamse agro-industriële vergistingsinstallaties [ton PA/jaar];
- No = gemiddeld stikstofgehalte in plantaardige afvalstromen [kg N/ton PA];
- EFa = NH₃ EF voor het vergisten van inputstromen [kg NH₃/ton N];
- Ead = NH₃-emissie vanuit de digestaatnabehandeling van de agro-industriële vergisters in Vlaanderen [ton NH₃/jaar].

Tabel 6.16 geeft een overzicht van de nodige gegevens, waar deze terug te vinden zijn, welke verbetermogelijkheden er zijn om de berekening te verfijnen en welke samenwerkingen nodig zijn om de verbetering te realiseren.

Tabel 6.16 Overzicht van de benodigde gegevens ter berekening van de NH₃-emissies uit co-vergistingsinstallaties, door wie de gegevens worden aangeleverd, welke verbetermogelijkheden er zijn en welke samenwerkingen nodig zijn om de verbetering door te voeren

Nodige gegevens	Aan te leveren door	Verbetermogelijkheden	Samenwerking met
verwerkte inputstromen uitgedrukt in ton. Dit wordt berekend uit de vergunde capaciteit per bedrijf in het betreffende jaar en de standaardverdeling tussen de verschillende inputstromen van VEKA (rekening houdend met installaties > en < dan 5 MWe)	VEKA/Biogas-E	gebruik maken van de werkelijke hoeveelheid vergiste inputstromen per bedrijf, idealiter opgedeeld volgens de drie inputstromen	VEKA/Biogas-E

Nodige gegevens	Aan te leveren door	Verbetermogelijkheden	Samenwerking met
gemiddeld N-gehalte van de verschillende inputstromen: - mest: 8 kg N/ton; - E-gewassen: 7 kg N/ton; - PA: 5,4 kg N/ton.	/	gebruik maken van het werkelijke N-gehalte van de verwerkte inputstromen op bedrijfsniveau of een gemiddelde waarde afgeleid op basis van door Vlaamse bedrijven gerapporteerde N-gehalten	OVAM/MATIS
EF voor deel 1 van de vergistingsinstallatie: 0,6 kg NH ₃ /ton N	/	gebruik maken van de halfjaarlijkse meetresultaten van het betreffende jaar om de NH ₃ -emissies te inventariseren, of een EF afleiden op Vlaams niveau op basis van de eenmalig opgevraagde meetresultaten over meerdere jaren;	Afdeling Handhaving

Voor wat betreft deel 1 van de vergistingsinstallaties is een voorbeeldberekening uitgevoerd voor het jaar 2021. In Tabel 6.17 wordt de verwerkte hoeveelheid stikstof door alle agro-industriële vergistingsinstallaties samen berekend op basis van de vergunde hoeveelheid verwerkte inputstromen en het gemiddelde N-gehalte per inputstroom. Bij het berekenen is rekening gehouden met de standaard verdeling per inputstroom opgemaakt door VEKA voor installaties met een vermogen groter en kleiner dan 5 MWe. Wanneer de verwerkte hoeveelheid stikstof vermenigvuldigd wordt met de default EF van 0,6 kg NH₃/ton N, komt dit neer op een emissie van 10 ton NH₃ in 2021 uit deel 1 van de vergistingsinstallatie. Om een volledig beeld te krijgen, moeten de emissies vanuit de digestaatnabehandeling hierbij worden opgeteld. Echter kunnen deze momenteel niet worden ingeschat op basis van een emissiefactor. Wat de emissies uit deel 1 van de installatie betreft, is het aandeel van 0,02 % over alle vergistingsinstallaties heen verwaarloosbaar ten opzichte van de totale emissie in Vlaanderen.

Tabel 6.17 Voorbeeldberekening van de verwerkte hoeveelheid N in alle agro-industriële vergistingsinstallaties samen, waarbij onderscheid gemaakt is tussen installaties kleiner en groter dan 5 MWe

Inputstromen	Vergunde hoeveelheid verwerkte inputstromen [ton]	Gemiddeld N-gehalte [kg N/ton inputstroom]	N-input [ton]
E-gewassen	171.926	7	1.203
mest	343.852	8	2.766
plantaardige afvalstromen	2.257.222	5,4	12.189
totaal	2.773.000		16.158

GFT-vergistingsinstallaties

Voor het berekenen van de NH₃-emissies afkomstig van GFT-vergistingsinstallaties zijn er twee methodes. Ten eerste kan de emissie op dezelfde manier berekend worden als voor de agro-industriële vergistingsinstallaties (Afbeelding 6.1). In dat geval wordt de emissie uit deel 1 van de installatie berekend op basis van de N-input en de default EF, aangevuld met de emissies afkomstig van de digestaatnabehandeling en meer specifiek compostering. In dit geval zijn er enkel plantaardige afvalstromen als inputstroom, aangezien GFT-afval tot deze categorie behoort. De NH₃-emissie wordt dan als volgt berekend:

$$AE = To * No * Efa * 10^{-3} + Ead$$

Met:

- AE = NH₃-emissie vanuit de GFT-vergisters in Vlaanderen [ton NH₃/jaar];
- To = de totale hoeveelheid verwerkte plantaardige afvalstromen door de Vlaamse GFT-vergistingsinstallaties [ton PA/jaar];
- No = gemiddeld stikstofgehalte van PA [kg N/ton PA];

- EF_a = NH_3 EF voor het vergisten van inputstromen [kg NH_3 /ton N];
- E_{ad} = NH_3 -emissie vanuit de digestaat nabehandeling van de Vlaamse GFT-vergisters [ton NH_3 /jaar].

Tabel 6.18 geeft een overzicht van de nodige gegevens, waar deze terug te vinden zijn, welke verbetermogelijkheden er zijn om de berekening te verfijnen en welke samenwerkingen nodig zijn om de verbetering te realiseren.

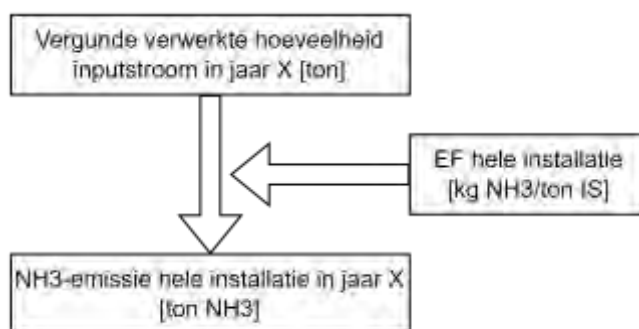
Tabel 6.18 Overzicht van de benodigde gegevens ter berekening van de NH_3 -emissies uit GFT-vergistingsinstallaties, door wie de gegevens worden aangeleverd, welke verbetermogelijkheden er zijn en welke samenwerkingen nodig zijn om de verbetering door te voeren

Nodige gegevens	Aan te leveren door	Verbetermogelijkheden	Samenwerking met
totale hoeveelheid verwerkte inputstromen door de GFT-vergistingsinstallaties in Vlaanderen voor het betreffende jaar uitgedrukt in ton, hetgeen berekend wordt uit de vergunde capaciteit per bedrijf in het betreffende jaar	VEKA/Biogas-E	gebruik maken van de werkelijke totale hoeveelheid verwerkte inputstroom	VEKA/Biogas-E
gemiddelde N-gehalte van plantaardige afvalstromen: 5,4 kg N/ton IS	/	gebruik maken van het werkelijke N-gehalte van de verwerkte inputstromen op bedrijfsniveau of een gemiddelde waarde afgeleid op basis van door Vlaamse bedrijven gerapporteerde N-gehalten	OVAM/MATIS
EF voor deel 1 van de vergistingsinstallatie: 0,6 kg NH_3 /ton N	/	gebruik maken van de halfjaarlijkse meetresultaten van het betreffende jaar om de NH_3 -emissies te inventariseren, of een EF afleiden op Vlaams niveau op basis van de éénmalig opgevraagde meetresultaten over meerdere jaren	Afdeling Handhaving

Uitgevoerd voor het jaar 2021, bedraagt de NH_3 -emissie vanuit deel 1 van de vergistingsinstallatie 0,5 ton. Om een volledig beeld te krijgen van de NH_3 -emissies, moet hier de emissie vanuit de digestaatsnabehandeling bij worden opgeteld.

De tweede methode maakt gebruik van de Duitse EF afgeleid bij GFT-vergistingsinstallaties waarbij het digestaat verwerkt wordt door het toepassen van gesloten compostering. Afbeelding 6.2 geeft deze methode schematisch weer.

Afbeelding 6.2 Schematische weergave van de NH_3 -emissieberekening van de GFT-vergistingsinstallaties volgens methode 2. 'IS' staat hierbij voor inputstroom



Uitgedrukt als een formule wordt de NH₃-emissie als volgt berekend:

$$AE = TG * EF_{cba} * 10^{-3}$$

Met:

- AE = NH₃-emissie over alle Vlaamse GFT-vergistingsinstallaties [ton NH₃/jaar];
- TG = de totale hoeveelheid verwerkte inputstromen door de GFT-vergistingsinstallaties in Vlaanderen [ton inputstroom /jaar];
- EF_{cba} = NH₃ EF voor vergisting gevolgd door gesloten compostering en behandeling van de lucht met een biofilter [kg NH₃/ton inputstroom].

Tabel 6.19 geeft een overzicht van de nodige gegevens, waar deze terug te vinden zijn, welke verbetermogelijkheden er zijn om de berekening te verfijnen en welke samenwerkingen nodig zijn om de verbetering te realiseren.

Tabel 6.19 Overzicht van de benodigde gegevens ter berekening van de NH₃-emissies uit GFT-vergistingsinstallaties, door wie de gegevens worden aangeleverd, welke verbetermogelijkheden er zijn en welke samenwerkingen nodig zijn om de verbetering door te voeren

Nodige gegevens	Aan te leveren door	Verbetermogelijkheden	Samenwerking met
totale hoeveelheid verwerkte inputstromen door de GFT-vergistingsinstallaties in Vlaanderen voor het betreffende jaar uitgedrukt in ton, hetgeen berekend wordt uit de vergunde capaciteit per bedrijf in het betreffende jaar	VEKA/Biogas-E	gebruik maken van de werkelijke totale hoeveelheid verwerkte inputstroom	VEKA/Biogas-E
EF voor NH ₃ : 0,14 kg NH ₃ /ton inputstroom	/	NH ₃ -emissies uit deel 1 van de vergistingsinstallatie: gebruik maken van de halfjaarlijkse meetresultaten van het betreffende jaar om de NH ₃ -emissies te inventariseren, of een EF afleiden op Vlaams niveau op basis van de éénmalig opgevraagde meetresultaten over meerdere jaren; deel 2 - nabehandeling digestaat (compostering): wanneer de emissies naar buiten treden via geleide punten gebruik maken van de halfjaarlijkse meetresultaten van het betreffende jaar om de NH ₃ -emissies te inventariseren, of een EF afleiden op Vlaams niveau op basis van de éénmalig opgevraagde meetresultaten over meerdere jaren. Wanneer de emissies eerder diffuus optreden, een EF afleiden op basis van een grotere meetcampagne	Afdeling Handhaving

Wanneer deze methode wordt toegepast op data uit 2021, resulteert dit in een NH₃-emissie van 21 ton over de hele installatie. Deze waarde ligt veel hoger dan de berekende 0,5 ton NH₃ voor deel 1 van de vergistingsinstallatie volgens de eerste methode. Het verschil tussen beide is de beschouwde gesloten compostering van digestaat in de tweede methode. Of gesloten compostering met toepassing van een biofilter effectief zo'n grote bijdrage levert aan de NH₃-emissie lijkt eerder onwaarschijnlijk, maar kan niet bevestigd worden doordat in de literatuur geen EF is voor dit type digestaatnabehandeling.

Op basis van bovenstaande vergelijking en om consistentie te behouden tussen de methode voor agro-industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties, is methode 1 het meest aangewezen. Het verschil in

uitvoering is dat bij agro-industriële vergistingsinstallatie de nog op te tellen NH₃-emissies afkomstig kunnen zijn van diverse digestaatnabehandelingstechnieken, terwijl dit voor GFT-vergistingsinstallaties altijd compostering betreft.

6.6.3 N₂O-emissies

Zoals uitvoerig toegelicht in paragrafen 6.4 en 4.2.2 worden enkel (significante) N₂O-emissies verwacht vanuit de digestaatnabehandeling. Omwille van de beschikbare EF specifiek afgeleid voor het vergisten van GFT-afval gevolgd door gesloten compostering, worden de N₂O-emissies afzonderlijk berekend voor agro-industriële en GFT-vergistingsinstallaties.

Agro-industriële vergistingsinstallaties

Aangezien op heden geen EF afgeleid zijn voor N₂O-emissies vanuit de digestaatnabehandeling, kunnen geen resulterende emissies worden berekend.

GFT-vergistingsinstallaties

Er is een EF voor de hele vergistingsinstallatie afgeleid bij het vergisten van GFT-afval en het toepassen van de typische compostering als digestaatnabehandeling. Het toepassen van deze EF wordt schematisch weergegeven in Afbeelding 6.3.

Afbeelding 6.3 Schematische weergave van de N₂O-emissieberekening van GFT-vergistingsinstallaties op basis van de EF voor de hele installatie. 'IS' staat hierbij voor inputstroom



Uitgedrukt als een formule wordt de N₂O-emissie als volgt berekend:

$$LE = TG * EF_{cbl} * 10^{-3}$$

Met:

- LE = N₂O-emissie over alle Vlaamse GFT-vergistingsinstallaties [ton N₂O/jaar];
- TG = de totale hoeveelheid verwerkte inputstromen door de GFT-vergistingsinstallaties in Vlaanderen [ton inputstroom/jaar];
- EF_{cbl} = N₂O EF voor vergisting gevolgd door gesloten compostering en behandeling van de lucht met een biofilter [kg N₂O/ton inputstroom].

Tabel 6.20 geeft een overzicht van de nodige gegevens, waar deze terug te vinden zijn, welke verbetermogelijkheden er zijn om de berekening te verfijnen en welke samenwerkingen nodig zijn om de verbetering te realiseren.

Tabel 6.20 Overzicht van de benodigde gegevens ter berekening van de N₂O-emissies uit GFT-vergistingsinstallaties, door wie de gegevens worden aangeleverd, welke verbetermogelijkheden er zijn en welke samenwerkingen nodig zijn om de verbetering door te voeren

Nodige gegevens	Aan te leveren door	Verbetermogelijkheden	Samenwerking met
totale hoeveelheid verwerkte inputstromen door de GFT-vergistingsinstallaties in Vlaanderen voor het betreffende jaar uitgedrukt in ton, hetgeen berekend wordt uit de vergunde capaciteit per bedrijf in het betreffende jaar	VEKA/Biogas-E	gebruik maken van de werkelijke totale hoeveelheid verwerkte inputstroom	VEKA/Biogas-E
EF voor N ₂ O: 0,066 kg N ₂ O/ton inputstroom	/	nabehandeling digestaat (compostering): wanneer de emissies naar buiten treden via geleide punten gebruik maken van de halfjaarlijkse meetresultaten van het betreffende jaar om de N ₂ O-emissies te inventariseren, of een EF afleiden op Vlaams niveau op basis van de éénmalig opgevraagde meetresultaten over meerdere jaren. Wanneer de emissies eerder diffuus optreden, een EF afleiden op basis van een grotere meetcampagne	Afdeling Handhaving

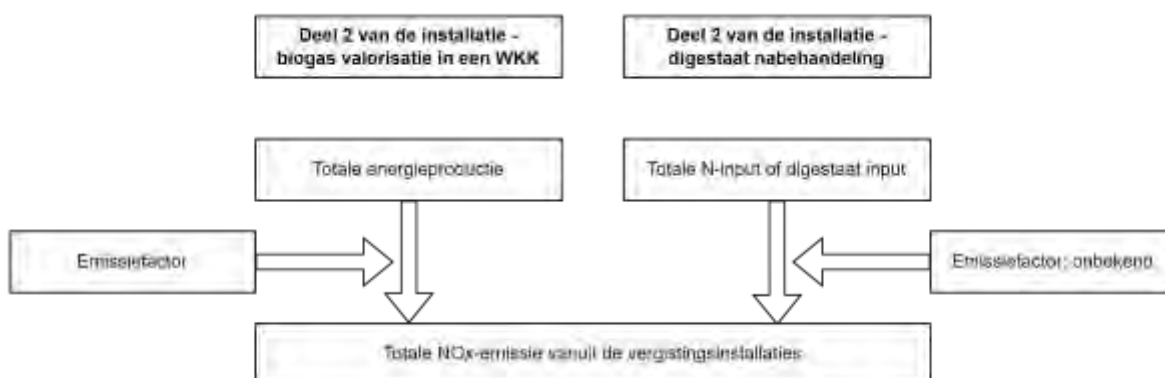
Toegepast op de data van het jaar 2021, resulteer dit in een N₂O-emissie van 10 ton voor alle GFT-vergistingsinstallaties samen. Op basis van de eerdere toelichting is deze emissie hoofdzakelijk afkomstig van deel 2 van de vergistingsinstallatie en meer bepaald de digestaatcompostering. De totale N₂O-emissie in Vlaanderen bedroeg 8.600 ton in 2021¹. De berekende waarde van 10 ton N₂O maakt dus slechts 0,1 % uit van de totale N₂O-emissie in Vlaanderen. Wanneer de EF specifiek afgeleid voor GFT-vergisting met toepassing van gesloten compostering toch wordt toegepast op zowel de agro-industriële als GFT-vergistingsinstallaties, dan bedraagt de N₂O-emissie 2,4 % van de totale emissie in Vlaanderen. Dit is nog steeds een beperkte bijdrage. Daarbij is dit vermoedelijke een overschatting van de werkelijkheid, aangezien compostering, samen met biologische N-verwijdering, naar verwachting de digestaatsnabehandelingstechnieken zijn met de belangrijkste N₂O-vorming.

6.6.4 NO_x-emissies

Significante NO_x-emissies zijn te verwachten vanuit de digestaatsnabehandeling en bij het valoriseren van biogas in een WKK, waarbij deze laatste bron veruit de belangrijkste is. Afbeelding 6.4 geeft schematisch de berekening van de totale NO_x-emissies vanuit de agro-industriële en GFT-vergistingsinstallaties weer.

¹ Data van de VMM (augustus 2023), geraadpleegd op 12 september 2023, online beschikbaar via <https://www.vmm.be/klimaat/totale-broeikasgasuitstoot-ETS-ESR>

Afbeelding 6.4 Schematische weergave van de NO_x-emissieberekening van alle agro-industriële en GFT-vergistingsinstallaties samen



In formulevorm ziet de NO_x-emissieberekening eruit als volgt:

$$NE = TE * EF_n + End$$

Met:

- NE = NO_x-emissie vanuit de agro-industriële en GFT-vergisters in Vlaanderen [ton NO_x/jaar];
- TE = totale energie hoeveelheid die de WKK ingaat bij alle agro-industriële en GFT-vergisters in Vlaanderen samen [PJ/jaar];
- EF_n = NO_x EF voor het valoriseren van biogas in een WKK [ton NO_x/PJ];
- End = NO_x-emissie vanuit de digestaatsnabehandeling van de Vlaamse agro-industriële en GFT-vergisters [ton NO_x/jaar].

Tabel 6.21 geeft een overzicht van de nodige gegevens, waar deze terug te vinden zijn, welke verbetermogelijkheden er zijn om de berekening te verfijnen en welke samenwerkingen nodig zijn om de verbetering te realiseren.

Tabel 6.21 Overzicht van de benodigde gegevens ter berekening van de NO_x-emissies uit agro-industriële en GFT-vergistingsinstallaties, door wie de gegevens worden aangeleverd, welke verbetermogelijkheden er zijn en welke samenwerkingen nodig zijn om de verbetering door te voeren

Nodige gegevens	Aan te leveren door	Verbetermogelijkheden	Samenwerking met
totale energiehoeveelheid die de WKK ingaat bij alle agro-industriële en GFT-vergisters in Vlaanderen voor het betreffende jaar	VEKA	/	/
gecorrigeerde default EF voor energetische NO _x -emissies: 120 ton NO _x /PJ	/	voor het inventariseren van de energetische NO _x -emissies gebruik maken van de jaargemiddelde NO _x -meetresultaten uitgevoerd door de bedrijven op de WKK. Een alternatief is het afleiden van een EF op Vlaams niveau op basis van de éénmalig ter beschikking gestelde meetresultaten over enkele jaren	Afdeling Handhaving
emissies vanuit de digestaatsnabehandeling	/	EF afleiden door het opzetten van een meetcampagne bij de Vlaamse vergistingsinstallaties	Afdeling Handhaving

Bij het toepassen van deze formule op de data van 2021, bedraagt de NO_x-emissie door verbranding van biogas in de WKK's door alle agro-industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties 689 ton. Naar verwachting zijn de NO_x-emissies afkomstig van de digestaatnabehandeling beperkt ten opzichte van de energetische emissies, maar zoals aangegeven zijn die momenteel niet te berekenen door het ontbreken van EF. De NO_x-emissies over heel Vlaanderen bedroegen 108.776 ton in 2021¹. Dit maakt dat de energetische NO_x-emissies afkomstig van de agro-industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties ongeveer 0,6 % bedraagt van de totale NO_x-emissie in Vlaanderen. Dit aandeel is beperkt te noemen.

¹ <https://www.vmm.be/lucht/stikstof/uitstoot-stikstofoxiden>

MEETTECHNIEKEN EN -STRATEGIEËN

Dit hoofdstuk gaat dieper in op de mogelijkheden voor het bepalen van methaan- en ammoniakemissies afkomstig van vergistingsinstallaties. Om te beginnen worden een aantal algemene principes en aandachtspunten toegelicht bij het uitvoeren van emissiemetingen. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de beschikbare meettechnieken, inclusief (technische) toelichting over een aantal meettoestellen. Tot slot worden de mogelijke meetstrategieën voor het bepalen van respectievelijk methaan- en ammoniakemissies besproken.

Het doel van dit hoofdstuk is om de nodige basisinformatie, inzichten en tools aan te bieden in het geval uitbaters specifieke bronnen willen bemeten of dat de overheid meetcampagnes wenst op te zetten gericht op het afleiden van Vlaamse EF. Paragraaf 7.4 maakt daarom kort de terugkoppeling naar de metingen die aanbevolen zijn doorheen de voorgaande hoofdstukken.

7.1 Algemeen

In de literatuur wordt onderscheid gemaakt tussen emissiedetectie en emissiemetingen. Emissiedetectie is het in kaart brengen van lekken, terwijl emissiemetingen de bedoeling hebben om de methaan- of ammoniakverliezen te kwantificeren. Voor het opmaken van de emissie-inventaris, is voornamelijk het kwantificeren van belang. De principes en technieken rond detectie van methaan worden slechts kort geschetst.

Methaanemissiedetectie wordt typisch uitgevoerd met geavanceerde technieken zoals de OGI (optical gas imaging) camera¹ en draagbare gasdetectors, ook gekend als 'sniffers'. OGI-camera's worden gebruikt bij het inspecteren van de vergistingsreactor, opslagtanks, leidingen, etc. en zijn ideaal voor het uitvoeren van de jaarlijkse lekdetectie. Ze zijn niet bedoeld om emissies te kwantificeren, maar bepaalde types geven wel een inschatting van de grootteorde. Andere technieken, zoals de methaansensorlasers² en de lasermethaandetector (LMD), maken gebruik van lasers om methaan te detecteren [42].

Na het detecteren van de emissies, worden deze gekwantificeerd door het uitvoeren van emissiemetingen. Bij een emissiemeting moeten telkens zowel de uitgaande concentratie als het debiet gemeten worden om de jaarlijkse emissie te kunnen berekenen [42]. Globaal genomen zijn twee mogelijke meetstrategieën om de methaan- en ammoniakemissies van vergistingsinstallaties te bepalen, namelijk de bottom-up en de top-down strategie. Deze worden verder toegelicht in paragraaf 7.3. Gezien de mogelijke variatie van emissies in de tijd, is het bij het toepassen van beide strategieën noodzakelijk om gedurende een voldoende lange tijdspanne (1-5 dagen) emissiemetingen uit te voeren om deze temporele variatie te vatten.

De vergelijkbaarheid van meetresultaten is een veel genoemd pijnpunt in de literatuur. Het is daarom aangewezen om gestandaardiseerde procedures uit te werken voor het uitvoeren van emissiemetingen bij vergistingsinstallaties. Het consistent toepassen van deze procedures binnen Vlaanderen zou het vergelijken van resultaten uit verschillende meetcampagnes vergemakkelijken en de berekening van emissiefactoren ten

¹ Bijvoorbeeld infrarood camera's: FLIR GFX-320 (<https://www.flir.eu/products/gfx320/>) of Esders GasCam SG (<https://www.esders.com/2021/12/measuring-biogas-leak-detection/>).

² Bijvoorbeeld de 'tunable laser spectrometer' (TLS) of IC laser.

goede komen. Wanneer er ook internationaal meer eenheid komt in de gehanteerde procedures, wordt het uitvoeren van meetcampagnes alsmāar interessanter. Een mogelijke basis en een goed voorbeeld zijn de door het Duitse DBFZ opgemaakte procedures voor de meetstrategieën beschreven in paragraaf 7.3. Hoewel de focus in deze procedures op methaanemissiemetingen ligt, kunnen ze ook toegepast worden voor het meten van ammoniakemissies. Naast het hanteren van dezelfde meetprocedures, moet ook steeds dezelfde essentiële informatie verschaft worden om de resultaten goed te kunnen interpreteren. Het DBFZ heeft een lijst opgemaakt met algemene rapportagevereisten [45].

7.2 Meettechnieken

Er zijn verschillende meettechnieken beschikbaar voor het meten van methaan en ammoniak. Deze worden onderverdeeld in vier hoofdcategorieën, met eventueel een uitsplitsing volgens het toegepaste principe [59, 18, 60]:

- draagbare IR camera's;
- draagbare lasers:
 - standaard;
 - tunable diode laser absorption spectrometry (TDLAS);
- draagbare gasdetectors (in situ analyse van luchtstalen):
 - specifieke IR-sensoren;
 - FID-sensoren;
 - chemiluminescentie sensoren;
 - elektrochemische sensoren;
- ex situ analyse van luchtstalen:
 - glazen/stalen recipiënt of Teflon luchtzak onder vacuüm;
 - chemische captatie (absorptie of adsorptie).

Tabel 7.1 bespreekt per hoofdcategorie de gemeten pollutent, het toepassingsgebied, de meetprincipes en de beperkingen. Daarnaast worden per categorie ook enkele beschikbare meettoestellen benoemd, waarvan in Bijlage IV een (technisch) overzicht is terug te vinden. Waar mogelijk wordt ook een inschatting van de prijs van het toestel vermeld. Voor de ex situ analyse van stalen worden in dit hoofdstuk geen meettoestellen vermeld. Voor deze analyses wordt het namelijk aanbevolen om beroep te doen op een labo. In België zijn onder andere de commerciële laboratoria SGS, Eurofins en Normec actief.

Tabel 7.1 Meettechnieken voor het onderzoek naar emissies uit vergistingsinstallaties op basis van Shah et al. (2012), Liebetrau et al. (2017) en Hassouna et al. (2023) [59, 18, 60]

Categorie	Draagbare IR camera	Draagbare laser	Draagbare gasdetector	Ex situ analyse van stalen
meetbare pollutant	CH ₄ (en NH ₃ (indirect) ¹)	CH ₄ en NH ₃	CH ₄ en NH ₃	CH ₄ en NH ₃
doel/ toepassingsgebied	- snelle lekdetectie door het in real time visualiseren van gaspluimen - in bepaalde gevallen kan de grootteorde van de concentratie worden ingeschat - on-site identificatie van lekken (dicht bij de emissiebron). Ook moeilijk bereikbare installatieonderdelen zijn te inspecteren tot op een afstand van maximaal 30-40 m (afhankelijk van de grootte en condities), maar dit wordt niet aanbevolen	- in real time meten van de methaan- of ammoniakconcentratie in uitgaande lucht, ook op ontoegankelijke plaatsen - bepaling van de pad-gemiddelde concentratie	- in situ (chemische) analyse van omgevingslucht - opsporen van verhoogde concentraties in de omgevingslucht (o.a. voor explosiegevaar) - bepaling van emissiesnelheid (bij een gekend uitstroomdebiet) - evalueren van de gassamenstelling	- actieve of passieve bemonstering van geleide of diffuse bronnen - ex situ bepaling van de gemiddelde concentratie over de bemonsteringsperiode
kwalitatief/ kwantitatief	kwalitatief/semi-kwantitatief	kwantitatief	kwantitatief	kwantitatief
meetprincipe	een IR-camera voert een passieve spectrale analyse uit van straling in het infrarood spectrum. Elk object met een temperatuur boven het absolute nulpunt zendt IR-straling uit. Daarnaast absorberen bepaalde moleculen (zoals CH ₄) zeer efficiënt IR-straling. Door de spectrale analyse van zowel het ontsnappende gas als de achtergrond, wordt het ontsnappende gas zichtbaar als een pluim die afsteekt tegen de achtergrond	- standaard: de werking is gebaseerd op het principe van actieve IR-meeting, waarbij een laserstraal gericht wordt op het te inspecteren systeem en het gereflecteerde deel van de laserstraal geëvalueerd wordt door de detector die in het toestel zit. De laserstraal heeft een golflengte van 1,653 nm of 10,6 µm voor de analyse van respectievelijk methaan en ammoniak. Bij deze golflengtes kennen de beide moleculen hun maximale absorptie.	- specifieke IR-sensoren (bv. methaan en CO₂): deze IR-sensoren werken volgens het niet-dispersieve infrarood absorptie (NDIR) principe. Het betreft een eenvoudig spectroscopische sensor waarbij het gas in de monsterkamer wordt gepompt. Vervolgens schijnt de IR-bron door de monsterkamer heen, in de richting van de ontvanger. De aanwezige gasmoleculen filteren specifieke golflengten IR-licht uit, hetgeen	er worden ter plekke gasstalen verzameld die later in het labo geanalyseerd worden. Voor het bemonsteren van de CH ₄ -concentratie wordt doorgaans een luchtstaal genomen in bv. glazen flesjes onder vacuüm of in Teflon luchtzakken. NH ₃ wordt meestal via chemische ad- of absorptie uit de lucht(stroom) verwijderd en zo selectief bemonsterd. Dit kan gebeuren via zure scrubbers (impingers), gecoate filters of denuders ² . Voor het analyseren van de verzamelde stalen in het

¹ Een IR-camera is minder geschikt voor de detectie van NH₃ aangezien dit molecule minder sterk IR-straling absorbeert. Zoals besproken onder 'meetprincipe' zendt het wel IR-straling uit ten gevolge van zijn temperatuur. Bij biogasinstallaties zullen de NH₃-bevattende lekken vaak een hogere temperatuur hebben dan de omgeving, waardoor NH₃-emissie wel indirect wordt opgemerkt via deze techniek.

² Een denuder is een glazen buisje dat langs de binnenkant gecoat is met een zuur of dat gevuld is met een ammoniak-adsorberend medium. Wanneer een luchtstroom door het buisjes gaat, wordt het aanwezige ammoniak omgezet in een ammoniumzout of opgenomen in een complex. Het gecapteerde ammoniak wordt in het labo weer vrijgesteld door elueren met gedemineraliseerd water of door verwarming, afhankelijk van het type denuder.

Categorie	Draagbare IR camera	Draagbare laser	Draagbare gasdetector	Ex situ analyse van stalen
		Door het uitzenden en analyseren van een zo specifiek mogelijke golflengte wordt de interferentie van andere moleculen geminimaliseerd. De intensiteit van de straal neemt exponentieel af met de afstand die het aflegt. Op basis van de gemeten absorptie van de gereflecteerde straal berekent het toestel de afstand geïntegreerde concentratie in ppm*m. Deze afstand geïntegreerde methaanconcentratie wordt omgezet naar een pad-gemiddelde concentratie in ppm door de waarde te delen door de afstand tot het reflecterende oppervlak - Tunable diode laser absorption spectrometry (TDLAS): zelfde principe, maar de laserstraal wordt niet gericht naar een te inspecteren systeem, maar naar een retrorreflector. Op deze manier kunnen open-pad metingen worden uitgevoerd, bijvoorbeeld ter hoogte van de perceelsgrenzen van de site	gemeten wordt door de ontvanger. Voor methaan bijvoorbeeld, focust de ontvanger op de golflengte 1,653 nm. De absorptie op de detector zegt iets over de concentratie van een bepaald molecule - Flame Ionisation Detector (FID): FID werkt op basis van de ionisatie van brandbare moleculen in het bemonsterde gas. Het onderzochte gas wordt naar een permanente vlam geleid die door de ionisatie van de moleculen een hogere elektrische conductiviteit krijgt. Hierdoor ontstaat een meetbaar elektrisch signaal in het toestel - chemiluminescentie: bij deze techniek wordt een chemische omzetting veroorzaakt van het te meten molecule. Bij bepaalde omzettingsreacties wordt licht vrijgesteld. Door het opmeten van de lichtintensiteit van de reactie (bij specifieke golflengte(s) kan de concentratie van de doelmolecule onderzocht worden. Bijvoorbeeld voor de analyse van ammoniak wordt via ozon een oxidatie tot NO veroorzaakt - elektrochemische sensoren: specifieke elektrochemische cellen genereren een elektrische stroom bij aanwezigheid van het te meten molecule. De sterkte van de elektrische stroom is proportioneel met de aanwezige concentratie	labo zijn verschillende technieken beschikbaar
beperking	- niet geschikt voor metingen binnenskamers	- enkel pad-gemiddelde concentraties worden bepaald. Bij metingen vanop grotere afstand geeft dit een vertekend	- meetbereik en -onzekerheid kan sterk verschillen afhankelijk van de sensor en het meetprincipe	- grote tijdsspanne tussen staalname en resultaat

Categorie	Draagbare IR camera	Draagbare laser	Draagbare gasdetector	Ex situ analyse van stalen
	- in bepaalde gevallen kan de grootteorde van de concentratie (semi-kwantitatief) worden ingeschat, maar het is voornamelijk bedoeld voor een kwalitatieve lekdetectie	beeld van de werkelijke concentratie in de ontsnapte gaspluim. De breedte van de pluim is namelijk slechts een fractie van de volledige pad-lengte tussen de pluim en het meettoestel - bij hoge windsnelheden verspreid en verdund het gas snel buiten het lek, waardoor de berekende pad-gemiddelde concentraties een vertekend beeld kunnen geven - de topografie van de omgeving heeft invloed op de meetresultaten - de aanwezigheid van stof, stoom of mist kan de intensiteit van de straal te veel doen afnemen voor analyse - geen visualisatie van het lek, waardoor identificatie van de exacte plek moeilijk is	- IR-sensoren zijn bedoeld voor de analyse van biogas en zijn daardoor minder precies bij lagere concentraties. FID sensoren hebben deze beperking niet - veel van deze detectoren vereisten elektriciteit, wat een hindernis kan vormen in bepaalde situaties - grootte en gewicht van bepaalde toestellen maken mobiele toepassingen moeilijker	- doorgaans maar een beperkt aantal staalnames/analyses mogelijk
Meettoestellen	- Opgal EyeCGas 2.0; - FLIR GF 320 (vroeger GasFindIR)	standaard laser: - Tokyo Gas ES Laser Methane mini - Sewerin lasers TDLAS: - Growcon LaserMethane® mini Gen2 - Boreal Gasfinder 2.0 [61] - PKL Technologies - Spectra-1 open path gas sensors [62] - Neo Monitors - LaserGas II OP [63] - Esders - ELLI - Unisearch Canada	specifieke IR-sensoren: - Picarro G2509 Gas Concentration Analyze; - Los Gatos Research Methane/Acetylene Analyser - Geotech Biogas 5000 Portable Biogas Analyser [64] FID-sensoren: - S4 SOLAR XPLORE (Signal Group) [65] chemiluminescentie: - Envea AC32e CNH3 Chemiluminescence analyzer; [66] elektrochemische sensoren: - Geotech Biogas 5000 Portable Biogas Analyser. [64]	- afhankelijk van gekozen staalname- en analysemethode: · bv. voor CH₄-analyse: GC-FID · bv. voor NH₃-analyse: ionenuitwisselingschromatograaf

7.3 Meetstrategieën

Zoals eerder reeds aangegeven, kan voor het kwantificeren van emissies de bottom-up of de top-down strategie worden toegepast. De bottom-up strategie bestaat erin om alle afzonderlijke emissiebronnen op de site van het bedrijf te identificeren en te kwantificeren. De som van alle afzonderlijke emissies komt overeen met de totale emissie van de vergistingsinstallatie. Dit is feitelijk wat er beoogd wordt met het laten uitvoeren van emissiemetingen door de bedrijven. Door meetverplichtingen op te leggen met betrekking tot de belangrijkste emissiebronnen, wordt aangenomen dat de volledige emissie van het bedrijf gekend is. Bij het toepassen van de top-down strategie daarentegen, wordt de vergistingsinstallatie beschouwd als één bron en worden concentratiemetingen uitgevoerd op een bepaalde afstand van de site. Door de gemeten concentratie vervolgens te combineren met meteorologische- en/of verspreidingsmodellen, wordt de totale emissie gekwantificeerd. In het ideale geval komt de som van alle emissiebronnen (bottom-up strategie) overeen met de totale emissie gemeten op een zekere afstand van de site (top-down strategie).

De bottom-up benadering is eenvoudig en beter geschikt voor lekdetectie en het uitwerken van mitigerende maatregelen. Het nadeel is echter dat bepaalde bronnen over het hoofd gezien kunnen worden of praktisch niet te meten zijn. Ook kunnen afhankelijk van de grootte van de installatie zeer veel individuele emissiebronnen zijn, waardoor deze strategie arbeidsintensief is. De top-down benadering maakt het wel mogelijk om de volledige emissie in kaart te brengen en om fluctuaties in emissies ten gevolge van operationele veranderingen te monitoren. Het nadeel is echter dat de resultaten beïnvloed worden door meteorologische factoren en andere bronnen in de omgeving. Daarnaast is het ook niet mogelijk om de oorsprong van de emissies te bepalen. Het beste resultaat wordt bekomen door de resultaten van beide benaderingen voor dezelfde site te vergelijken. Dit vraagt echter een aanzienlijke inspanning [42, 18].

In onderstaande paragrafen wordt toegelicht hoe beide strategieën in praktijk gebracht worden [18, 59, 60].

7.3.1 Bottom-up

Globaal wordt voor het uitvoeren van de bottom-up methode volgend plan van aanpak gevolgd:

- identificatie van emissiebronnen;
- kwantificeren van de emissies per bron;
 - concentratie meten;
 - debiet meten;
 - emissievracht berekenen;
- sommatie van alle emissies.

Identificeren van de emissiebronnen

Bij de bottom-up benadering worden eerst alle relevante bronnen geïdentificeerd. Hierbij ligt de focus op de meetbare bronnen met de grootste (verwachte) bijdrage. Het is vooral zaak om deze prioritair te kwantificeren. Een aantal relevante emissiebronnen zijn (niet limitatief):

- uitlaat van de luchtbehandelingsinstallatie (opslag- en voorbehandelingsruimtes die in onderdruk staan);
- digestaatnabehandeling (open composthoop, beluchtingsbekken);
- uitlaat van de WKK.

Naast meetbare bronnen zijn er ook lekken en diffuse bronnen waarlangs emissies kunnen optreden. Het kwalitatief identificeren van dit type bronnen gebeurt op basis van een lekscan, uitgevoerd met een draagbare IR-camera. Het identificeren van lekken heeft eerder tot doel om ze te kunnen verhelpen, dan om ze in een volgende stap te kwantificeren. Voor diffuse bronnen geldt in veel gevallen hetzelfde, maar soms zijn ze inherent aan een proces of installatie (bijvoorbeeld gassen die door een afdekzeil kunnen diffunderen). Dergelijke emissies zijn moeilijk individueel te meten, maar worden wel meegenomen in de top-down methode.

Kwantificeren van de emissies

Het kwantificeren van de emissies bestaat erin om de emissievracht per pollutant te bepalen. Hiervoor wordt van alle meetbare bronnen de uitgaande CH₄- en NH₃- concentratie en het debiet gemeten. De toegepaste staalname- en analysestrategie hangt af van de grootte en het type van de bron. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen geleide bronnen/puntbronnen (bijvoorbeeld uitlaat van de luchtbehandelingsinstallatie en uitlaat van de WKK) en diffuse bronnen (bijvoorbeeld digestaatnabehandeling en meer bepaald de biologische N-verwijdering en open compostering).

Het debiet van geleide bronnen/puntbronnen is eenvoudig te meten in het kanaal of ter hoogte van de opening. Voor de concentratiebepaling kan gekozen worden voor een in situ of ex situ aanpak. Voor een in situ analyse worden draagbare gasdetectors gebruikt. Bij de ex situ aanpak wordt eerst een luchtstaal 'vastgelegd' op een medium, waarna er verschillende analysetechnieken zijn in het labo om de concentratie te bepalen.

Bij diffuse bronnen zijn complexere technieken nodig om de concentratie en het debiet te bepalen. In eerste instantie moet de lucht op zo'n manier 'gekanaliseerd' worden dat een representatief staal genomen kan worden. Bij het bemonsteren van diffuse bronnen worden typisch volgende technieken gebruikt:

- afdekmethode: dit is een techniek die gebruikt wordt bij diffuse bronnen waar een luchtstroom door beweegt zoals bijvoorbeeld een biobed. De techniek bestaat erin om de bron volledig af te dekken met een zeil, waarna onder het zeil een luchtstaal genomen wordt of een directe meting wordt uitgevoerd. Deze techniek wordt typisch toegepast bij biobedden;
- Lindvalldoos: dit is een doorstroomkamer die gebruikt wordt bij diffuse bronnen waar geen luchtstroom door beweegt zoals bijvoorbeeld een open opslag van vloeibare mest [42]. De Lindvalldoos wordt op het oppervlak gelegd. Vervolgens wordt er een luchtstroom met een vooraf bepaalde snelheid doorgestuurd, waarna aan de uitstroomopening een luchtstaal genomen kan worden;
- monsternamekap: dit is een soort omgekeerde trechter die gebruikt wordt bij het bemonsteren van diffuse bronnen waar een luchtstroom door beweegt. De monsternamekap wordt op het oppervlak gelegd, waarna de lucht doorheen de kap naar buiten treedt. Aan de uitstroomopening kan vervolgens een luchtstaal genomen worden.

Om vervolgens het debiet te bepalen, wordt afhankelijk van het type diffuse bron volgende methode gebruikt:

- diffuse bron waar lucht doorheen gaat (beluchtingsbekken, biobed):
 - de lucht wordt met een bepaald debiet door de bron geforceerd door middel van een ventilator. Het uittredend debiet kan gelijkgesteld worden aan het inkomend debiet;
 - bij gebruik van een monsternamekap kan het debiet gemeten worden aan de uitstroomopening van de kap;
- diffuse bron waar geen lucht door gaat (composthoop): in dit geval wordt de bemonstering typisch uitgevoerd met een Lindvalldoos. Doorheen de Lindvalldoos wordt een luchtstroom gestuurd met een snelheid die gelijk is aan de gemiddelde windsnelheid. Bij een diffuse bron waar geen lucht doorheen gaat, wordt de verspreiding van de pollutant namelijk sterk bepaald door de windsnelheid.

De concentratie van diffuse bronnen en lekemissies kan indicatief bepaald worden met behulp van bepaalde draagbare IR camera's en lasers of door een zo representatief mogelijk staal te nemen. De debietsbepaling daarentegen is zeer moeilijk. Deze niet-geleide emissies zijn moeilijk te meten en hebben per definitie een uittreesnelheid van minder dan 2 m/s. Bijgevolg is de vracht moeilijk te bepalen via de bottom-up methode. Zoals reeds aangegeven worden deze emissies wel meegenomen in de top-down methode en moet in de eerste plaats gestreefd worden naar het vermijden van diffuse bronnen en lekemissies in plaats van ze 'te aanvaarden' en ze op te nemen in de inventaris.

De jaarlijkse emissie per emissiebron wordt bekomen door de berekende emissievracht te vermenigvuldigen met het aantal uren per jaar dat de bron emitteert. De som van alle emissies geeft uiteindelijk de totale jaarlijkse emissie van de betreffende installatie.

7.3.2 Top-down

Bij de top-down benadering worden de emissies afkomstig van een vergistingsinstallatie als geheel gekwantificeerd. Hiervoor worden metingen uitgevoerd met kwantitatieve meettechnieken op een bepaalde afstand van de installatie. De afstand moet voldoende groot zijn zodat de emissies van alle verschillende bronnen samen bemeten kunnen worden, maar klein genoeg zodat het concentratieverschil met de achtergrond nog meetbaar is.

In de literatuur zijn een aantal methodes beschreven om de top-down strategie uit te voeren. Het basisidee is altijd hetzelfde. Eerst wordt de concentratie in de lucht bepaald op een bepaalde afstand met behulp van een draagbare (open path) laser of gasdetector. Dit zijn meettechnieken met zowel een hoge gevoeligheid als een hoge tijdsresolutie. Vervolgens wordt de gemeten concentratie gecombineerd met een ingeschat debiet om de geëmitteerde vracht te bekomen. De manier waarop de gemeten concentraties en het debiet bepaald en gecombineerd worden verschilt echter. Onderstaand worden de verschillende methodes toegelicht.

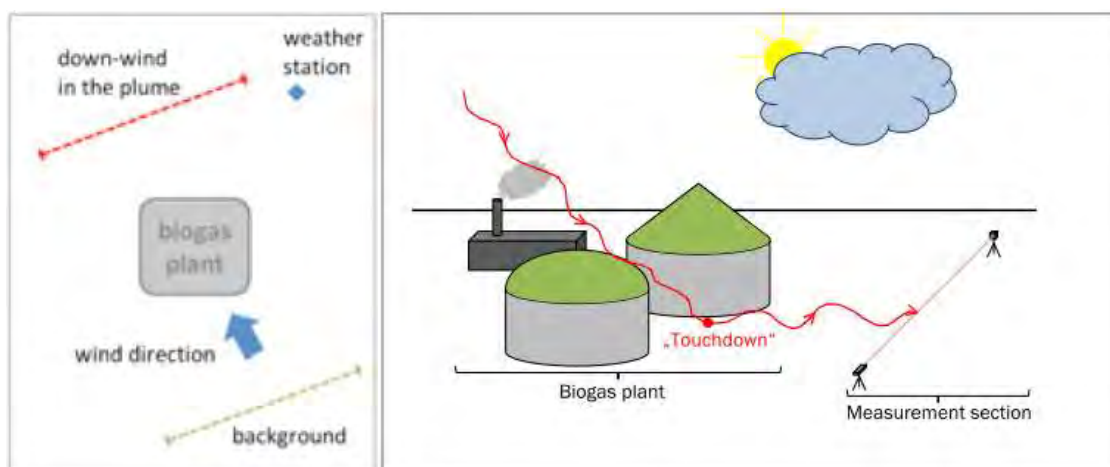
Deze top-down meetmethode is complexer dan de bottom-up methode en kent meer randvoorwaarden om een representatief meetresultaat te bekomen. Het is daarom niet aangewezen om biogasbedrijven te vragen om deze metingen (standaard) uit te voeren. Dit type metingen kan eventueel wel onderdeel uitmaken van een grotere meetcampagne die gestuurd wordt vanuit de overheid in samenwerking met specialisten.

Remote sensing methode

Deze methode is gebaseerd op het feit dat geëmitteerde gassen een pluim vormen waarvan de concentratie windafwaarts van het emissiepunt gemeten kan worden. Het is belangrijk dat ook de achtergrondconcentratie windopwaarts van de site gemeten wordt om de bijdrage van andere bronnen in mindering te kunnen brengen (Afbeelding 7.1). Deze tijdafhankelijke concentratiegegevens vormen samen met de meteorologische data de basis voor het model.

Bij het invers modelleren wordt de verspreiding van de emissies gemeten windafwaarts van de site teruggerekend in de tijd naar het moment waarop ze de site van het bedrijf verlaten hebben. Het model gaat uit van een diffuse bron op grondniveau en een simulatie van de stochastische beweging van 'luchtpakketjes' (Afbeelding 7.1). Er wordt aangenomen dat de luchtpakketjes op een bepaald moment in hun beweging de grond raken. Wanneer dit gebeurt ter hoogte van de diffuse bron, nemen ze de emissie eigenschappen van de bron over en verspreiden deze met de verdere beweging van de pakketjes. De gemodelleerde concentratie ter hoogte van de windafwaartse meting moet overeenkomen met de werkelijke meetresultaten. Het resultaat van de modellering is een emissievracht van de ingetekende diffuse bron.

Afbeelding 7.1 Een schematische weergave van de meetopstelling (links) en van het model principe (rechts) [18]



Deze methode kent volgende aandachtspunten:

- de topografie van de omgeving moet geschikt zijn voor het uitvoeren van de metingen;
- gebouwen en bomen kunnen turbulentie veroorzaken. Dit heeft effect op het modelleren van de verspreiding, aangezien de aannames dan niet meer correct zijn;
- de windsnelheid en -richting moeten voldoen aan de modelvereisten;
- andere bronnen in de omgeving zijn soms moeilijk te onderscheiden van de emissies afkomstig van de vergistingsinstallatie.

Deze invers modellering methode wordt toegepast in verschillende internationale studies die naar boven zijn gekomen tijdens de literatuurstudie. Gevoelsmatig wordt deze methode meer gebruikt dan de tracergas methode. Dit kan te maken hebben met de mogelijke milieu-impact van de initieel gebruikte tracergassen (zie verder). In België is er met The Sniffers een bedrijf actief die remote sensing metingen kan uitvoeren.

Tracer dispersiemethode

De tracer dispersiemethode combineert de gecontroleerde vrijgave van een tracergas nabij de belangrijkste emissiebron(nen) van de vergistingsinstallatie met een windafwaartse concentratiemeting. Als tracergassen worden vaak N_2O , acetyleen en SF_6 gebruikt. Echter moet bij de keuze van het tracergas rekening gehouden worden met de milieu-impact. Zo zijn N_2O en SF_6 beide sterke broeikasgassen. Het is niet aangewezen om deze vrijwillig in de atmosfeer te brengen. Wat de concentratiemetingen betreft moet ook bij de tracergasmethode de achtergrondconcentratie in rekening gebracht worden.

De belangrijkste aanname bij de tracergasmethode is dat het tracergas dezelfde dispersiekenmerken heeft als het gas waarvan de emissies bepaald worden en dat de concentratieverhouding tussen beide hierdoor gelijk blijft. De concentratie van het tracergas en het onderzochte gas in de windafwaartse pluim wordt gemeten met draagbare meettoestellen. Op basis van de concentratieverhouding (en de verhouding van de molaire massa) tussen het onderzochte gas en het tracergas wordt de emissiesterkte van de bron terugerekend.

De tracergasmethode wordt onder andere toegepast bij het uitvoeren van emissiemetingen bij open stallen. In deze context zijn verschillende onderzoeksinstellingen en meetbureaus die hier ervaring mee hebben. Of ze ook ervaring hebben met het uitvoeren van deze methode op grotere schaal is niet duidelijk. In verschillende internationale studies die naar boven zijn gekomen tijdens de literatuurstudie is de tracergasmethode in elk geval toegepast [55], [18].

7.4 Aanbevolen metingen

In hoofdstuk 5 is toegelicht hoe de emissie-inventaris kan worden verbeterd door het uitvoeren van bijkomende emissiemetingen. Daarnaast wordt ook in hoofdstuk 6 verschillende keren aangegeven dat het uitvoeren van bijkomende metingen aangewezen is ter verbetering van de emissiefactoren. Op het bepalen van een CH_4 -verliespercentage voor Vlaanderen na, sluiten alle aanbevolen metingen aan bij de bottom-up methode. Het gaat zowel over eenvoudige metingen aan geleide bronnen door de bedrijven, als over meer complexe metingen op vlak van de te analyseren componenten ter hoogte van geleide emissies of het bemeten van diffuse bronnen vanuit de overheid. Onderstaand wordt per installatieonderdeel aangegeven wat voor type bron het is. De toelichting over het uitvoeren van de metingen is terug te vinden in bovenstaande paragrafen:

- deel 1 van de installatie: dit betreft de luchtbehandelingsinstallatie die gebruikt wordt voor het behandelen van de lucht afkomstig van de installatieonderdelen die op onderdruk gehouden worden:
 - biobed als laatste behandelingsstap: diffuse bron die bemeten kan worden volgens de afdekmethodes of met behulp van een bemonsteringskap. Het uitgaand debiet is gelijk aan het ingaand debiet;
 - puntbron in alle andere gevallen;
- deel 2 - nabehandeling digestaat:
 - scheiding, drogen, NH_3 -stripping en andere behandelingen die overdekt gebeuren: puntbron;
 - open compostering: diffuse bron die bemeten kan worden met een Lindvalldoos. De snelheid wordt gelijkgesteld aan de gemiddelde windsnelheid;

- biologische N-verwijdering: diffuse bron die bemeten kan worden volgens de afdekmethodie of met behulp van een bemonsteringskap. Het debiet wordt gelijk gesteld aan het ingaande luchtdebiet;
- deel 2 - biogasvalorisatie (WKK): puntbron;
- deel 2 - opwerken biogas: puntbron;
- gehele installatie:
 - bepalen van Vlaamse waarde voor het CH₄-verliespercentage: top-down methode.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen samengevat.

8.1 Conclusies

In het kader van Europese verdragen en verordeningen maakt de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) jaarlijks een emissie-inventaris op van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen voor de verschillende sectoren. De VMM tracht continu om de kwaliteit van deze inventarissen te verbeteren. Daarom hebben ze een studie laten uitvoeren naar de stand van zaken binnen de Vlaamse biogassector met de focus op agro-industriële vergisters en GFT-vergistingsinstallaties. Het hoofddoel van deze studie is het in kaart brengen van de methaan- (CH_4), lachgas- (N_2O), stikstofoxiden- (NO_x) en ammoniak- (NH_3) emissies en nagaan of de huidige manier van inventariseren moet worden bijgestuurd.

De subsector binnen de biogassector die onderwerp is van deze studie, is beperkt in omvang. In 2022 telde de Vlaamse biogassector 20 agro-, 14 industriële- en 5 GFT-vergistingsinstallaties, hetgeen het totaal aantal vergistingsinstallaties binnen voorliggende studie op 39 brengt. Wat de vergunde capaciteit van de 34 (agro-)industriële vergistingsinstallaties in het algemeen betreft, zijn er 10 met een vergunde capaciteit kleiner dan 60.000 ton/jaar, 10 met een vergunde capaciteit van 60.000 ton/jaar, 7 met een vergunde capaciteit tussen 60.000 en 110.000 ton/jaar en 7 met een vergunde capaciteit van 110.000 ton afval/jaar of hoger. De kleinste installatie is vergund voor de verwerking van 9.000 ton/jaar, de grootste installatie is vergund voor 225.000 ton/jaar.

Op basis van de gebruikte inputstromen wordt in het algemeen een onderscheid gemaakt tussen mono-vergisting en co-vergisting. Mono-vergisting wil zeggen dat slechts één type inputstroom vergist wordt, terwijl co-vergisting inhoudt dat biogas geproduceerd wordt door vergisting van een combinatie van verschillende inputstromen. De inputstromen worden verdeeld in drie categorieën, mest, energiegewassen en plantaardige afvalstromen (PA). VEKA maakt jaarlijks een standaardverdeling op. Het volledige vergistingsproces wordt onderverdeeld in een aantal processtappen:

- deel 1 van de installatie: opslag van inputstromen, voorbehandeling, de vergisting zelf en de digestaatopslag;
- digestaatsnabehandeling;
- biogasvalorisatie (WKK);
- biogasopwerking.

De opdeling is zo gekozen omdat de activiteiten die plaatsvinden in deel 1 van de installatie quasi uniform zijn voor alle vergistingsinstallaties, terwijl de overige processtappen grote verschillen kunnen vertonen. De gevormde producten, biogas en digestaat, kunnen namelijk op verschillende manieren verder verwerkt en toegepast worden. Zo kan gekozen worden om het biogas, dat bestaat uit 55 - 70 Vol% CH_4 en 30 - 45 Vol% CO_2 , te verbranden in een WKK of verder op te werken tot biomethaan. In Vlaanderen wordt valorisatie in een WKK momenteel veruit het vaakst toegepast. Ook voor digestaat zijn verschillende nabehandelingsschappen mogelijk. De eerste en meest toegepaste stap is het scheiden van de dikke en dunne fractie met een centrifuge (scheiding op basis van dichtheid) of vijzelpers (filtratie). Bij het scheiden van de fracties treedt een ongelijke verdeling op van de nutriënten, hetgeen een voordeel oplevert bij het toepassen van digestaat als meststof. Stikstof en kalium zijn voornamelijk terug te vinden in de dunne

fractie, terwijl fosfaten en koolstof voor het grootste deel naar de dikke fractie gaan. Daarnaast biedt het mogelijkheden met betrekking tot het recupereren van nutriënten via de productie van kunstmeststoffen (bijvoorbeeld ammoniakstripping vanuit de dunne fractie).

Zoals aangegeven bevat de dunne fractie nog voornamelijk stikstof en kalium. Het verder behandelen van deze fractie heeft als doel om deze nutriënten te verwijderen of op te concentreren. Met het oog op stikstofverwijdering uit de dunne fractie, wordt biologische verwijdering van stikstof (nitrificatie/denitrificatie) het vaakst toegepast. Andere technieken zijn eerder gericht op het opconcentreren van de nutriënten met hergebruik als hoofddoel. Bij NH_3 -stripping wordt NH_3 verwijderd onder de vorm van ammoniumsulfaat of ammoniumnitraat in een zure luchtwasser. Reversed osmose gebruikt membranen waar enkel water doorheen kan bewegen. Op deze wijze ontstaat een gedemineraliseerd permeaat en een mineraalrijk concentraat. De dikke fractie van het digestaat wordt bij het grootste deel van de (agro)-industriële vergisters ingedroogd. Hierdoor stijgt het droge stofgehalte, hetgeen resulteert in een stabiel en eenvoudiger te transporteren eindproduct. Bij GFT-vergisters wordt het ontwaterde digestaat verplicht gecomposteerd gedurende minstens vier weken.

Op basis van een literatuurstudie zijn de te verwachten emissies per processtap bepaald (zie Tabel 8.1). Ook is onderzocht welke onderlinge relaties er zijn tussen de vorming van pollutanten. De vorming van bepaalde pollutanten kent een omgekeerd evenredig verband, waarbij de procesparameters gunstig zijn om de vorming van de ene pollutant te verminderen, maar resulteren in een verhoogde vorming van de andere pollutant. Een voorbeeld hiervan is de relatie tussen CH_4 en NO_x bij verbranding van brandstof in een WKK. Hierbij is het zo dat een hogere verbrandingstemperatuur zorgt voor een vollediger verbranding van CH_4 , maar tegelijk ook zorgt voor meer NO_x -vorming. Een recent onderzoek van VITO bevestigt dit. Er werd vastgesteld dat de methaanslip daalt wanneer van een arm naar een rijk brandstofmengsel wordt overgegaan, terwijl de NO_x -concentratie stijgt. De onderzoekers geven aan dat een rijker brandstofmengsel leidt tot een hogere verbrandingstemperatuur, wat zorgt voor een vollediger verbranding van methaan, maar dat deze hogere temperatuur tegelijk ook zorgt voor meer (thermische) NO_x -vorming. Een ander verband tussen pollutanten treedt op bij het composteren van digestaat. In het digestaat zijn nog veel anaerobe micro-organismen aanwezig die door hun activiteit zorgen voor een navergisting en vorming van gereduceerde pollutanten (CH_4 en NH_3). Bij het composteringsproces van digestaat worden echter aerobe condities gecreëerd door toevoer van zuurstof. Hierdoor wordt de navergisting stopgezet en neemt de emissie van CH_4 en NH_3 af. De keerzijde hiervan is dat er potentieel N_2O wordt gevormd door de aerobe micro-organismen.

Tabel 8.1 Overzicht van de relevante processtappen en bijhorende verwachte emissies voor vergistingsinstallaties in Vlaanderen

Indeling installatie	Processtap	CH_4	N_2O	NO_x	NH_3
Deel 1	opslag en voorbehandeling inputstromen, anaerobe vergisting en opslag digestaat	x			x
Deel 2	digestaatnabehandeling	x	x	x	x
	biogasvalorisatie (WKK)	x		x	
	biogas opwerken	x			

In een volgende stap is onderzocht hoe de emissies per processtap ingeschat kunnen worden om een zo volledig mogelijke inventaris te bekomen. Er zijn drie manieren om een emissie-inventaris op te maken, namelijk uitgaan van metingen, emissies berekenen op basis van emissiefactoren of een combinatie van beide. In alle drie de gevallen blijven aannames en vereenvoudigingen nodig om tot een werkbare methode te komen:

- bij het uitvoeren van metingen is het noch praktisch, noch economisch haalbaar om op elk potentieel emissiepunt de vier vermelde pollutanten (jaarlijks) te meten. Wanneer per pollutant de belangrijkste emissiepunten bepaald worden, zijn gerichte metingen mogelijk. Een beperkte uitbreiding van de

bestaande meetverplichting kan efficiënt de belangrijkste informatie opleveren wanneer deze gegevens effectief beschikbaar zijn voor het opmaken van de EIL door de VMM;

- bij het gebruik van emissiefactoren is het niet mogelijk om rekening te houden met elke inputstroom en procesvoering. Deze data is niet beschikbaar in de literatuur. Daarbij is het onderscheid in emissies naar verwachting eerder beperkt en wegen de inspanningen die nodig zijn om deze data af te leiden niet op tegen de kwaliteitswinst van de inventaris. Rekening houdend met de beschikbare informatie wordt bij het berekenen van de emissies vastgehouden aan de eerder vermelde opdeling van een vergistingsinstallatie in vier delen. Waar mogelijk wordt onderscheid gemaakt tussen co-vergisting in agro-industriële installaties en het vergisten van GFT in GFT-vergistingsinstallaties;
- bij een combinatie van emissiemetingen en -factoren wordt een deel van de variatie in emissies tussen installaties ondervangen. Het verplichten van eenvoudige metingen op een beperkt aantal emissiepunten, levert op een betrouwbare manier de belangrijkste data. Aanvullend kunnen de emissies van moeilijk te analyseren pollutanten afkomstig van complexere bronnen ingeschat worden op basis van emissiefactoren.

In de huidige wetgeving worden een aantal meetverplichtingen en emissiereducerende maatregelen opgelegd. Volgens VLAREM II moeten opslag, behandeling en vergisting van afvalstoffen plaatsvinden in een gesloten ruimte in onderdruk. De lucht van de ruimteafzuiging moet vervolgens behandeld worden met een zure wasser en biobed. Alle bedrijven moeten halfjaarlijks NH₃-emissiemetingen uitvoeren op dit emissiepunt. Daarnaast is er ook de verplichting om de NO_x-emissie afkomstig van de WKK te meten. Om de inschatting van de emissies vanuit de Vlaamse biogassector te verbeteren wordt voorgesteld om enerzijds de meetverplichting voor bedrijven uit te breiden. Anderzijds wordt voorgesteld om een aantal meetcampagnes op te zetten vanuit de overheid en/of overheidsinstellingen. Er moet nader onderzocht worden of volgende verdeling haalbaar is:

- metingen door het bedrijf:
 - CH₄-meting op deel 1 van de installatie;
 - CH₄-meting op de WKK;
 - CH₄- en NH₃-meting op digestaatanbehandelingstechnieken wanneer er sprake is van geleide emissies;
 - CH₄-meting op de biogasopwerkingsinstallatie (als deze aanwezig is);
- meetcampagnes door de overheid:
 - CH₄-, N₂O-, NO_x- en NH₃-meting op digestaatanbehandelingstechnieken wanneer er niet altijd sprake is van geleide emissies en/of er dure en complexe analyses/metingen vereist zijn;
 - CH₄- en NH₃-lekdetectie;
 - installatie omvattende CH₄- en NH₃-metingen.

De voorgestelde metingen door bedrijven zorgen er naar verwachting voor dat de belangrijkste emissies betrouwbaar en efficiënt geïnventariseerd worden. Daarnaast kunnen de voorgestelde algemene meetcampagnes gecoördineerd door de overheid de emissie-inventaris vervolledigen op basis van metingen als dit wenselijk en financieel haalbaar wordt geacht.

Het probleem met het opstellen van een emissie-inventaris op basis van emissiemetingen is tweeledig. Ten eerste is het naar verwachting door de kost en tijdgebrek niet haalbaar om jaarlijks bepaalde emissiemetingen uit te voeren en om een enkele algemene meetcampagnes op te zetten. Ten tweede blijkt het niet evident om de vereiste informatieuitwisseling tussen verschillende overheidsinstanties rond gerapporteerde bedrijfsresultaten te organiseren. Bij het ontbreken van meetgegevens is het gebruik van emissiefactoren een andere benadering om de emissies te inventariseren. In de literatuur zijn zowel algemene emissiefactoren beschikbaar afgeleid door buitenlandse emissieregistraties als default emissiefactoren voor bepaalde procesonderdelen. De achtergrondinformatie bij de emissiefactoren en de uitgevoerde metingen is vaak beperkt. Een opsplitsing volgens verschillende parameters en specificaties is dan ook niet mogelijk. Het in perspectief plaatsen van de emissies afkomstig van de onderzochte sector ten opzichte van de totale emissies in Vlaanderen geeft ook dat het aandeel eerder beperkt is. De inspanningen die nodig zijn om dergelijke opdeling te maken wegen dan ook niet op tegenover de kwantitatieve verbetering van de emissie-inventaris. Uit de literatuurstudie blijkt wel dat veel variatie zit op de afgeleide emissiefactoren, dat met name de energetische default emissiefactoren een onderschatting blijken van de werkelijkheid en dat er nog een aantal blinde vlekken zijn.

De variatie waarvan sprake is het gevolg van verschillen tussen installaties, landspecifieke contexten en verschillende meetmethodes. Door de beschikbare meetresultaten te gebruiken om waar mogelijk Vlaamse emissiefactoren af te leiden, wordt de variatie deels gereduceerd. Voor de emissiefactoren die momenteel worden toegepast en een onderschatting blijken van de werkelijkheid zijn aanpassingen voorgesteld. In bepaalde gevallen zijn de aanpassingen gebaseerd op het beperkt aantal metingen die momenteel voorhanden is en is een betere onderbouwing nodig. Wat de blinde vlekken betreft, blijken met name de emissies afkomstig van de digestaatnabehandeling onderbelicht. Voor bepaalde nabehandelingstechnieken kunnen de emissies in beeld gebracht worden met behulp van eenvoudige metingen. Denk bijvoorbeeld aan een drooginstallatie waarbij de emissies langs een geleid emissiepunt naar buitentreden of meegevoerd worden via de algemene verluchtingsinstallatie. Voor andere technieken is het uitvoeren van emissiemetingen veel complexer. Denk bijvoorbeeld aan de biologische stikstofverwijdering. De onduidelijkheid en discussie rond het belang van dit type bron op het vlak van emissies speelt overigens niet enkel binnen deze studie, maar ook bij het inventariseren van emissies afkomstig van waterzuiveringsinstallaties. Rekening houdend met deze bedenkingen is voor zowel CH₄, NH₃, N₂O als NO_x een emissieberekening voorgesteld. Hierbij wordt telkens aangegeven welke data nodig is, wie deze aanlevert en welke verbetermogelijkheden er zijn.

Tot slot is onderzocht welke meettechnieken- en strategieën er zijn om NH₃- en CH₄-emissies in kaart te brengen. Er zijn diverse commercieel beschikbare meettechnieken die kunnen worden ingezet om deze polluenten te meten:

- draagbare IR camera's;
- draagbare lasers;
- draagbare gasdetectors (in situ analyse van luchtstalen);
- ex situ analyse van luchtstalen.

Welke techniek bij voorkeur wordt ingezet hangt af van de gevolgde meetstrategie. Globaal worden twee strategieën onderscheiden, namelijk de bottom-up en de top-down methode. De bottom-up strategie bestaat erin om alle afzonderlijke emissiebronnen op de site van het bedrijf te identificeren en te kwantificeren. De som van alle afzonderlijke emissies komt overeen met de totale emissie van de vergistingsinstallatie. Dit is feitelijk wat beoogd wordt met het laten uitvoeren van emissiemetingen door de bedrijven. Deze benadering is eenvoudig en beter geschikt voor lekdetectie en het uitwerken van mitigerende maatregelen. Het nadeel is echter dat bepaalde bronnen over het hoofd gezien kunnen worden of praktisch niet te meten zijn. Ook kunnen afhankelijk van de grootte van de installatie zeer veel individuele emissiebronnen zijn, waardoor deze strategie arbeidsintensief is.

Bij het toepassen van de top-down strategie daarentegen, wordt de vergistingsinstallatie beschouwd als één bron en worden concentratiemetingen uitgevoerd op een bepaalde afstand van de site. Door de gemeten concentratie vervolgens te combineren met meteorologische modellen en/of verspreidingsmodellen, wordt de totale emissie gekwantificeerd. In het ideale geval komt de som van alle emissiebronnen (bottom-up strategie) overeen met de totale emissie gemeten op een zekere afstand van de site (top-down strategie). De top-down benadering maakt het mogelijk om fluctuaties in emissies ten gevolge van operationele veranderingen te monitoren. Het nadeel is echter dat de resultaten beïnvloed worden door meteofactoren en andere bronnen in de omgeving. Het beste resultaat wordt bekomen door de resultaten van beide benaderingen voor dezelfde site te vergelijken. Dit vraagt echter een aanzienlijke inspanning.

8.2 Aanbevelingen

Doorheen hoofdstuk 5 en hoofdstuk 6 worden een aantal aanbevelingen gedaan om tot een betere emissie-inventaris te komen. Deze zijn als volgt samen te vatten:

- de nodige informatieuitwisseling organiseren met Afdeling Handhaving zodat de emissiemetingen die reeds verplicht zijn gebruikt kunnen worden om de emissie-inventaris op te maken. Idealiter gebeurt de uitwisseling van emissiemetingen op jaarlijkse basis. Indien dit niet mogelijk is, kunnen de meetresultaten van enkele jaren worden opgevraagd om vervolgens een emissiefactor voor Vlaanderen af te leiden;

- er dient onderzocht te worden of de meetverplichting naar de bedrijven toe kan worden uitgebreid om zonder grote bijkomende inspanningen de belangrijkste emissies te inventariseren;
- de voorgestelde aanpassing van de emissiefactor voor het berekenen van de NO_x-emissie bij verbranding van biogas in een WKK moet verder onderzocht worden. De huidige aanpassing is gebaseerd op slechts twee meetrapporten van biogas WKK's die momenteel beschikbaar zijn;
- er zijn op heden geen emissiefactoren beschikbaar om de emissies vanuit de digestaatnabehandeling te berekenen. Zeker indien het uitbreiden van de algemene meetplicht niet haalbaar blijkt, moeten gerichte meetcampagnes worden opgezet om deze emissiefactoren af te leiden. Voor de complexere metingen, waaronder N₂O en diffuse bronnen zoals biologische stikstofverwijdering, is het aangewezen om deze gecoördineerd uit te voeren via bijvoorbeeld een onderzoeksproject;
- indien de nodige gegevens verzameld worden en beschikbaar zijn, kunnen de emissieberekeningen verfijnd worden door:
 - een meetcampagne opzetten om het gemiddelde methaanverlies over de volledige installatie te bepalen bij Vlaamse vergistingsinstallaties, in plaats van gebruik te maken van het gemiddelde methaanverlies bepaald op basis van metingen bij installaties in het buitenland;
 - gebruik te maken van de werkelijke hoeveelheid verwerkte inputstromen in plaats van de vergunde capaciteit en de gemiddelde verdeling volgens VEKA;
 - gebruik te maken van het werkelijk stikstof en droge stofgehalte in plaats van de gemiddelde waarde;
 - gebruik te maken van het werkelijk methaangehalte (in Vlaanderen) in plaats van het gemiddelde gehalte vermeld in de literatuur.

9

ENGLISH SUMMARY

Below a summary of the report is given. This English summary mainly focuses on the technical background discussed in the report for supplementing the emission inventory and less on the legal background and current state of affairs in the Flemish biogas sector.

9.1 Introduction

The Flemish environmental agency (Vlaamse Milieumaatschappij (VMM)) is responsible for the publication of the annual emission inventory report regarding the emissions of air pollutants and greenhouse gasses. This inventory is used for the formulation of environmental and climate policies.

The aim of this report is to renew and expand the existing knowledge regarding CH₄, N₂O, NO_x and NH₃ emissions resulting from large scale anaerobic digestion plants. The focus of this research are large scale agri-industrial digestion plants and household organic waste digestion plants. This excludes farm scale digestion plants.

The first part of the study focuses on the legal obligations (related to air pollution and operational requirements) to which anaerobic digestion plants are bound in Flanders. These obligations are described in VLAREM II and VLAREM III. This chapter highlights some important obligations regarding the prevention and measurement of air pollution by anaerobic digestion plants. Firstly, all odour emitting production processes have to be placed in an enclosed environment from which the ambient air is pulled through an air purification system (consisting of an acid scrubber and bio scrubber). Secondly, at least 80% of the plants in this study have to perform a biannual measurement of the NH₃ load emitted from the air purification installation. The first part of the study also summarizes the relevant BAT-studies.

The next part of the study gives a general technical overview of the anaerobic digestion plants in Flanders. Here the types of installations, the input and waste streams, digestion process, post treatment of digestate and biogas purification are described. This overview results in a summary of the air pollutants and greenhouse gasses which are formed in each process step of an anaerobic digestion plant.

The next few chapters of the report focus on the emission inventory and potential improvements to the current inventory. Finally some recommendations are given regarding measurement techniques for quantification of the studied air pollutants and greenhouse gasses.

9.2 Emission inventory

9.2.1 Current emission inventory

Various sources of information are used to make an inventory of the emission of air pollutants and greenhouse gases from anaerobic digestion plants. An important source is the 'integraal milieujaarverslag' (IMJV) that certain companies submit annually.

Pollutants for which no emissions are reported, or the emissions of companies that do not submit an IMJV, are estimated as best as possible. To calculate the energetic emissions, on the one hand, emission factors from the IPCC 2006 guidelines chapter 2 (for greenhouse gases) and EMEP EEA Guidebook 2019 NFR 1.A.1 (for air pollutants) and, on the other hand, the energy balance of the company are used. The energy balance is drawn up annually by the Flemish Energy and Climate Agency (VEKA). The following emission factors are used:

- CH₄: 5 ton/PJ;
- N₂O: 0.1 ton/PJ;
- NO_x: 48 ton/PJ.

To calculate non-energetic emissions (of NH₃), the EMAV 2.1 model is used. This model uses input data (N-flow and manure processing techniques) from the 'Mestbank' declarations and uses different emission factors depending on the processing technique used:

- biology: 0.05 kg NH₃-N/kg N-input;
- composting: 5.63 kg NH₃-N/kg N-input;
- digestion: 0.05 kg NH₃-N/kg N-input.

Regarding the current inventory, the following conclusions can be drawn:

- default emission factors are used for the preparation of the inventory;
- no diffuse CH₄ emissions are considered in the inventory. These are expected to occur due to the presence of leaks and relief valves (only in case of emergency) in the digestion installation and from the storage and treatment of both input streams and digestate;
- the calculation of non-energetic NH₃ emissions with the EMAV2.1 model only takes into account the incoming amount of animal manure (N content) and one manure processing technique. NH₃-reducing measures are not taken into account. The main reasons for this are that neither the other input flows (plant based waste streams, energy crops), nor the reduction measures are known at the 'Mestbank' (these are not included in the 'Mestbank' declaration) and that the N content of the animal manure processed per manure processing technique for a specific manure processor is not known. This means that the non-energetic NH₃ emission of small and large digestion installations with EMAV2.1 is calculated at only 27.2 % and 15.2 % respectively of the total Flemish N input flow. This percentage is calculated based on the standard composition of the input flows used by VEKA.

9.2.2 New inventory strategy

Simplification and division of plants

Since no two identical digestion plants exist, the proposal for a new inventory strategy has to make a few assumptions:

- the input flows for co-digestion plants consist of manure, energy crops and plant based waste streams;
- the input flows for digestion of household organic waste consist exclusively of household organic waste;
- digestion plants can be divided into two parts:
 - part 1 includes the storage and pretreatment of input flows, anaerobic digestion, and digestate storage and is quite similar between different plants. The obligations imposed in VLAREM to use air treatment techniques are applicable for this part of the installation;
 - part 2 includes digestate and biogas treatment and can vary widely between plants depending on the technique(s) used.

Various pollutants can form within part 1 of digestion plants. This study assumes that the following pollutants are formed in relevant quantities:

- storage and pretreatment of input flows:
 - CH₄: depending on the type of input flow, methane production can be significant. This is in particular the case for cattle manure because methanogenic bacteria are already present in the manure that can lead to methane production during storage. Methane formation can also be promoted during mixing of fresh substrate with digestate;

- NH_3 : manure contains NH_3 and this can be formed even more by the anaerobic conditions during storage;
- the anaerobic digestion process:
 - CH_4 : the digestion process aims to form CH_4 , so it forms in significant quantities;
 - NH_3 : due to the anaerobic conditions in the digestion reactor, nitrogen-containing molecules are converted into NH_3 ;
- digestate storage:
 - CH_4 : if there are methanogenic bacteria in the digestate, post-digestion can occur when the anaerobic conditions are not lifted;
 - NH_3 : if post-digestion occurs due to anaerobic conditions, NH_3 can also continue to form (to a lesser extent).

The pollutants formed in part 1 of digestion plant theoretically do not escape due to the legal obligations regarding the covering of the mentioned installation components and the post-treatment of the air flow. Theoretically, the only emissions from part 1 of the plant would therefore be residual emissions from the air purification installation.

In practice, however, exemption from the legal obligations on covering the installation components and treating the air flow are often allowed. A common exception for covered storage of input streams is the storage of silage due to limited odour emissions. The microbiological conditions in this input stream and the way it is stored result only in very limited methane emissions. Data in the literature indicate a CH_4 emission of 0.0007% of the utilised quantity of CH_4 based on measurements at eight plants. The exemptions regarding the storage of input streams outdoors, therefore, do not result in a significant increase in CH_4 emissions.

In addition to the exemptions from the legal obligations, emissions can also occur via leaks or by activation of pressure relief valves. The literature indicates that most of these leaks are limited and range between 0.001 and 0.055 % of the produced quantity of methane. In IPCC 2006, Vol 5, Chapter 4, a higher value of 5 % is recommended if no company-specific data is known. However, when the technical standards for biogas installations guarantee that unintended CH_4 emissions are flared, the CH_4 emissions are negligible. With regard to any leakage losses during the pretreatment of input flows, IPCC 2006, Vol 5, Chapter 4 states that 'emissions during mechanical handling can be assumed to be negligible'.

It is assumed that N_2O and NO_x are not formed in significant amounts in part 1 of the digestion plant since aerobic conditions are rarely found in the process steps of this part which are required for the formation of these molecules.

Various pollutants can form within part 2 of digestion plants. This study assumes that the following pollutants are formed in relevant quantities:

- digestate treatment:
 - NH_3 , CH_4 , NO_x , and N_2O : depending on the treatment technique, reduced (NH_3 and CH_4) or oxidized pollutants (NO_x and N_2O) can be formed. In addition, aerating digestate can result in the release of gases that are already present;
- biogas valorisation:
 - CH_4 : due to incomplete combustion, CH_4 can leave the CHP via flue gases, which is known as methane slip;
 - NO_x : during the combustion process, NO_x is also formed, which is spread to the environment via the flue gases;
- biogas refinement:
 - CH_4 : the refinement of biogas into biomethane can lead to methane emissions due to a limited percentage of the methane ending up in the exhaust gases. Any post-treatment of the exhaust gas can greatly reduce the final methane emission. It is assumed that the emission of other pollutants is negligible since the purification to biomethane is generally carried out using biogas that has already been purified to a high degree (of impurities other than CO_2).

Table 9.1 provides an overview of the air pollutants and greenhouse gasses within the scope of the study that are expected to be released from anaerobic digestion plants in Flanders. This overview takes into

account the assumed simplification of digestion plants in Flanders. This simplification still allows for the inclusion of the most important emission sources at digestion plants based on literature.

Table 9.1 Overview of the most relevant process steps and the expected air emissions from anaerobic digestion plants in Flanders

Part of digestion plant	Process step	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NH ₃
Part 1	storage and pretreatment of input flows, anaerobic digestion, and digestate storage	x			x
Part 2	digestate treatment	x	x	x	x
	biogas valorisation (CHP)	x		x	
	biogas refinement	x			

Emission measurements and emission factors

When collecting emission data, the preferred source of information is detailed information at the level of the individual plant. Information regarding the emission of pollutants is collected by carrying out emission measurements. VLAREM II and III already impose certain mandatory measurements on companies:

- guided NH₃ emissions from storage and pretreatment of input streams and digestate and the digestion installation itself: emission measurement is carried out at the emission point after the air purification installation (acid gas scrubber and biofilter);
- point source NO_x emissions from the CHP.

In addition to these mandatory measurements, certain companies also conduct leakage scans to detect diffuse emissions on the plant.

The results of the mandatory measurements are collected by the 'Afdeling Handhaving' but are not accessible by other organisations. By exempting this data (annually or once), a good estimate can be obtained of the point source emissions from digestion plants in Flanders.

When there are no emission measurements available at the plant level or at similar plants, the emissions must be estimated based on emission factors. Preferably, specifically derived emission factors are used. These are calculated based on measurement results from domestic and foreign installations. Currently, there are no studies available in Flanders on the total emission from agri-industrial and household organic waste digestion plants (just some on specific installation components). Several international studies have tried to derive emission factors (mainly for methane). Emission factors for certain pollutants and greenhouse gases for some process steps have also been derived from the Dutch and German emission inventories. When specific emission factors from international studies are not applicable within the Flemish context, default emission factors from the EMEP Guidebook 2019 NFR 1.A.1 and IPCC 2006 guidelines chapter 2 can be used as a last option.

9.2.3 Conclusion

The current emission inventory can be improved to obtain a more accurate estimate of the actual emissions. Given the differences between digestion plants in Flanders, it is preferable to estimate emissions through company-specific measurement results. If it is not practically or financially possible to perform annual emission measurements, emission factors can be used. Here, preference is given to specific emission factors derived from measurement results. If no relevant specific emission factors are available, default emission factors from the EMEP Guidebook 2019 NFR 1.A.1 and IPCC 2006 guidelines chapter 2 are used.

9.3 Emission inventory based on measurements

9.3.1 Obligatory measurements

As mentioned earlier, the legal obligations in Flanders allow for a simplification of the anaerobic digestion plants in Flanders and the collection of representative data through obligatory measurements. All of the air pollutants formed in part 1 of the installation (which includes storage and pretreatment of input flows, anaerobic digestion, and digestate storage) have to be collected and treated in an air purification installation. In the flue gasses of the resulting point source NH_3 has to be measured biannually by most of the digestion plants in Flanders.

A second point source of air emissions at digestion plants are the exhaust gases of the CHP. Within the scope of this report the NO_x concentrations in the exhaust gases are relevant. In VLAREM II the obligation to measure these emissions is described. The frequency of the measurement varies from once every five years to once every three months depending on the thermal capacity of the installation and the number of operational hours.

Due to current regulations there are measurements being performed of NH_3 and NO_x emissions at anaerobic digestion plants in Flanders. The results of these measurements are currently not collected on a large scale by government agencies. The governmental agency 'Afdeling Handhaving' has to collect this data from the companies in order to utilise this source of information in the national emissions inventory.

9.3.2 Additional measurements

Based on the obligatory measurements the emissions of two air pollutants from two process steps are quantified regularly at digestion plants in Flanders. However, as indicated in Table 9.2, a number of relevant emissions are not quantified yet. For these pollutants and process steps additional measurements can be suggested, which are discussed below the table. Further investigation should be performed to determine if the financial burden of the suggested measurements is acceptable compared to the acquired information.

Table 9.2 Overview of the most relevant process steps and the expected air emissions from anaerobic digestion plants in Flanders. The check mark (✓) indicates a pollutant for which a legal obligation to measure the emissions exists. For the other pollutants no such obligation exists (x)

Part of digestion plant	Process step	CH_4	N_2O	NO_x	NH_3
Part 1	storage and pretreatment of input flows, anaerobic digestion, and digestate storage	x			✓
Part 2	digestate treatment	x	x	x	x
	biogas valorisation (CHP)	x		✓	
	biogas refinement	x			

The additional measurements can be subdivided into two groups. On the one hand there are measurements that are meant to be performed by the digestion plants. On the other hand there are measurements that are meant to be performed by the government or government agencies. The measurements suggested for the digestion plants are meant to obtain more emission data by means of simple and relatively low-cost measurements. The measurements suggested for the government are more complex or too expensive to be performed regularly by the digestion plants. The aim of this last group of measurements should be to verify if the examined emissions are relevant compared to other emissions of the same pollutant. These could also be used to gather data specific to Flanders, which could be used to derive specific emission factors (see paragraph 9.4) in the long-term.

With regard to the measurements performed by the digestion plants, up to five additional measurements can be suggested. Two additional CH₄ measurements could be performed on the point source resulting from part 1 of the installation and the CHP. These emission sources are already investigated due to legal requirements (NH₃ and NO_x measurements). Hence it should be easy and cost effective to perform an additional measurement of CH₄ at these point sources while the other pollutants are being measured. Also when a biogas refinement installation is present at the plant an additional CH₄ measurement could be performed at this potential point source for CH₄. The fourth and fifth additional measurement would be CH₄ and NH₃ measurements at the digestate treatment if the pollutants are emitted through a point source. If the digestate treatment results in a diffuse emission of the mentioned pollutants, then the measurement becomes more complex and thus costly. In this case, it would be too much of a burden for the digestion plant to perform this measurement regularly.

With regard to the measurements performed by the government multiple additional measurements can be suggested. The measurement of diffuse CH₄, N₂O, NO_x and NH₃ emissions from the treatment of digestate can be more complex or expensive than the point source emission measurements discussed above. A measurement campaign by the government could quantify the emissions without the need for annual obligatory measurements and verify if the examined emissions are relevant compared to other emissions of the same pollutant. For example the emission of N₂O from the biological treatment of the liquid fraction of digestate could prove to be negligible. If enough data is collected through measurements by the government emission factors specific to digestion plants in Flanders could potentially be derived. Another type of measurement that could be performed by the government are remote sensing measurements which are more complex and require specific equipment. The benefit of remote measurements is that it quantifies the emissions from the entire digestion plant.

A final type of measurement is a so called 'leak scan' which uses IR-radiation to identify CH₄ leaks at the digestion plants. Through leaks other pollutants (mainly NH₃) are also emitted to the air. Leak scans are not able to reliably quantify emitted concentrations, but are an important tool to reduce the emission of different pollutants (mainly CH₄ and NH₃) from digestion plants. This type of measurement is currently performed by some digestion plants in Flanders because of economic reasons (because a leakage of CH₄ results in reduced plant output). However, based on literature research it is assumed that emissions through leakages is negligible. Thus it is not advisable to obligate digestion plants to perform this type of measurements. It is however advisable for the government to perform leak scans at certain intervals in order to verify this assumption. If the leak scans indicate that emissions through leaks are not negligible compared to other emissions, then control measures must be put in place.

As an alternative to leak scans, emission measurements encompassing the entire plant could also be performed to obtain valuable information and insights. These measurements are based on a so called 'remote sensing method' (described in more detail in chapter 7). This type of measurements are performed at a relatively large distance from the plant and encompass the emissions resulting from all point sources, diffuse sources and leakages at the plant. By comparing the total emission to the sum of the emissions from the individual sources at the plant, an estimate can be obtained of the amount of emissions that are not included in the obligatory measurements. In other words, this provides an indication of the completeness of measurements carried out by companies.

9.4 Emission inventory based on emission factors

If the inventory of a certain pollutant can't be based on data from annual emission measurements the CH₄, NH₃, N₂O and NO_x emissions can be supplemented using emission factors. The following emission factors can be distinguished (in order of decreasing preference):

- specific emission factors are derived from emission measurements at anaerobic digestion plants in Flanders. If the results of the obligatory measurements of NH₃ and NO_x at respectively the air treatment installation of part 1 and the CHP emission point can't be shared with the VMM at regular intervals, then

data collected at these point sources in the past (and released on one single occasion) can be used to calculate specific EF;

- general emission factors are based on literature on anaerobic digestion plants such as international studies. Some of these studies contain emission data from digestion plants that can be used to determine an EF. It is important however that the measurements are performed at a digestion plant with similar plant components and operational processes as is the case in most digestion plants in Flanders;
- default emission factors are found in the EMEP Guidebook 2019 NFR 1.A.1 and the IPCC 2019 Refinements to the IPCC 2006 guidelines Vol. 4 ch. 10. Note that the emission factor for NH_3 in EMAV is in fact an emission coefficient and not an emission factor. To prevent confusion in this report, the value in EMAV is always converted to an EF and indicated as such.

9.4.1 General

Regarding the emission data and emission factors clear remarks are made in literature. There is a large variation within the data and there are insufficient data for a general evaluation of the sector. This makes it difficult to define general, average emission factors from installations or entire digestion plants. This variation is partially due to the variation from measurement results and partially due to the variation between anaerobic digestion plants.

To judge the applicability of an EF it is of high importance that activity data from the production process (such as the amount of energy produced and the amount of input streams processed) is taken into account. Therefore in paragraph 6.6 (and below in 9.4.3) next to the calculation method of emissions an overview is given of the required activity data and the organisation that has this data. In general it can be noted that:

- VEKA can supply information regarding the annual biogas production and the average composition of the input streams (percentage of manure, energy crops and organic biological waste (PBW) (which is assumed to be similar to plant based waste streams (PBW) for the purpose of this study));
- VLM can supply information regarding the amount of manure supplied to anaerobic digestion plants. More specifically the quantity of each manure type and the concentration of nitrogen and phosphorus in the manure.

In practice, there is often a lack of specific data on the input streams used and their conversion efficiency in the digestion process. Therefore average values were calculated for the dry matter content, nitrogen content and organic content in frequently used input streams. Similarly the resulting average biogas production and methane content of biogas produced by anaerobic digestion of different input streams were calculated. These average values are used together with the data of VEKA and VLM as an input for the calculations.

9.4.2 Emission factors

For each of the studied air pollutants and greenhouse gases the emission factors are included in this report and sorted based on their specificity (see chapters 6.2 through 6.5). On the one hand this results in emission factors that are representative for the emission from the entire agri-industrial or household organic waste digestion plant. On the other hand, there are emission factors that are representative for the emissions from specific installations or even specific input streams. Taking into account the activity data mentioned together with these EF and the current situation in the Flemish biogas sector the most representative EF are selected. These are then used in the proposed calculation methods.

9.4.3 Emission calculation

In this paragraph the proposed emission calculation method for each of the greenhouse gases and air pollutants is described. The selected EF together with the activity data of digestion plants are fundamental to these calculations. Below, the calculation method is clarified by a schematic overview and the usable data

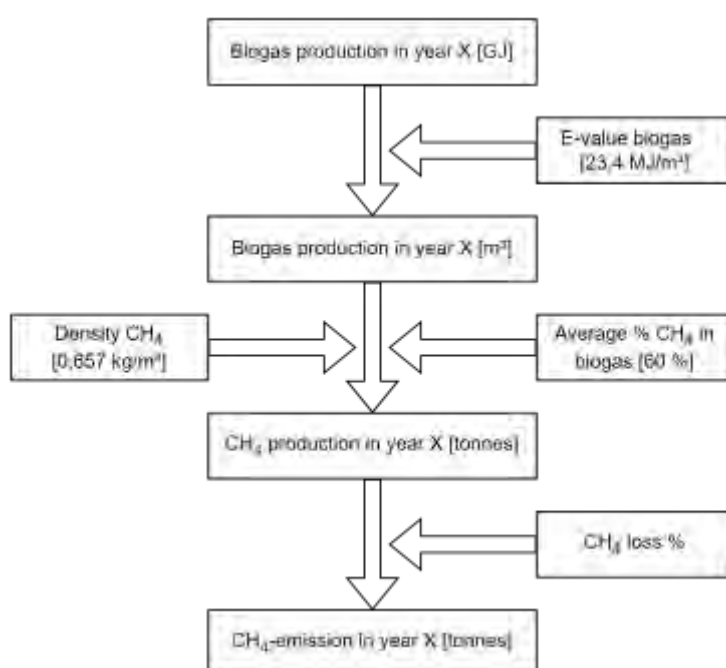
sources are indicated. To investigate and support the proposed calculation methods, examples of calculations were made in Excel using data from 2021. This Excel:

- shows the data supplied by VEKA and VLM, data on standard numbers and an overview of the emission factors in the first three tabs;
- also shows the calculations of insignificant emissions or emissions calculated using another method than the proposed method. These results are highlighted in red to distinguish them from the significant emissions calculated using the preferred method.

CH₄ emissions

Because the CH₄ emissions are calculated based on the amount of biogas produced and the average percentage loss, the following calculation method can be used for both the agri-industrial and household organic waste digestion plants combined. The calculation method is displayed graphically in Figure 9.1.

Figure 9.1 Graphical overview of the CH₄ emission calculation for the combined emissions of all agri-industrial and household organic waste digestion plants in Flanders in year X



In a formula the calculation can be displayed as follows:

$$ME = \frac{BP}{EwB * 10^{-3}} * MG * \rho M * 10^{-3} * VM$$

In which:

- ME = methane emission from the agri-industrial and household organic waste digestion plants in Flanders [tonnes CH₄/year];
- BP = total biogas production by the agri-industrial and household organic waste digestion plants in Flanders [GJ/year];
- EwB = energy value of biogas [MJ/m³];
- MG = average CH₄ concentration in biogas [%];
- ρM = density of CH₄ [kg/m³];
- VM = average percentage loss of CH₄ from agri-industrial and household organic waste digestion plants [%].

Table 9.3 gives an overview of the required data, the usable data sources and potential improvements to the calculation along with the required collaborations to achieve these improvements.

Table 9.3 Overview of the data required to calculate the CH₄ emissions from co-digestion plants, the agencies that can supply the data, possible improvements to the calculation and the required collaborations to achieve these improvements

Required data	Supplied by	Possible improvements	Collaboration with
total biogas production by the agri-industrial and household organic waste digestion plants in year X, expressed in GJ/year	VEKA	separate calculations using the total biogas production from both types of digestion plants once separate loss percentages are known	VEKA
energy value of biogas: 23,4 MJ/m ³	/	/	/
average CH ₄ concentration in biogas: 60 %	/	actual CH ₄ content derived specifically for Flanders	VEKA
density of CH ₄ : 0,657 kg/m ³	/	/	/
average percentage loss of CH ₄ : 3,1 %	/	determination of specific percentage loss at digestion plants in Flanders and for each type of digestion plant by means of a measurement campaign	/

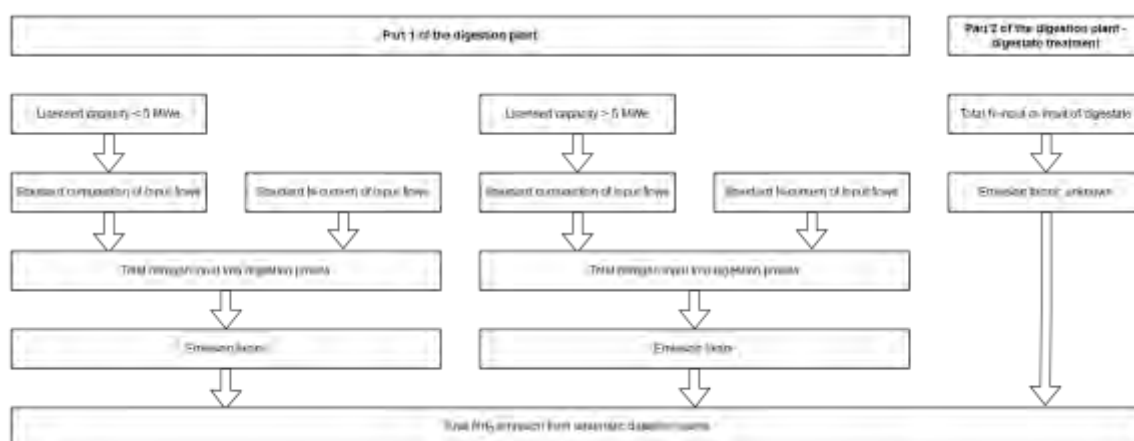
NH₃ emissions

Given that a specific emission factor is mentioned in literature for the digestion of household organic waste including the obligatory composting of digestate, separate calculation methods are proposed for both the agri-industrial and household organic waste digestion plants

Agri-industrial digestion plants

The total NH₃ emission is the sum of the point source emissions from part 1 of the plant and the emissions resulting from the post-treatment of digestate. The latter can be emitted through a point source (which could be connected to the air purification system of part 1) or it can be emitted by a diffuse emission source if the post-treatment takes place in open air (such as open composting and biological nitrogen removal). Figure 9.2 gives a schematic overview of the calculation method.

Figure 9.2 Schematic overview of the NH₃ calculation method for agri-industrial digestion plants



In a formula the calculation can be displayed as follows:

$$AE = (Tm * Nm + Te * Ne + To * No) * EFa * 10^{-3} + Ead$$

In which:

- AE = NH₃ emission from agri-industrial digestion plants in Flanders [tonnes NH₃/year];

- Tm = total amount of manure processed by agri-industrial digestion plants in Flanders [tonnes manure/year];
- Nm = average nitrogen content of manure [kg N/ton manure];
- Te = total amount of energy crops processed by agri-industrial digestion plants in Flanders [tonnes E-crop/year];
- Ne = average nitrogen content of energy crops [kg N/ton E-crop];
- To = total amount of plant based waste streams processed by agri-industrial digestion plants in Flanders [tonnes PBW/year];
- No = average nitrogen content of plant based waste streams [kg N/ton PBW];
- EFa = NH₃ EF for the digestion of input flows [kg NH₃/ton N];
- Ead = NH₃ emission from the post-treatment of digestate in agri-industrial digestion plants in Flanders [tonnes NH₃/year].

Table 9.4 gives an overview of the required data, the usable data sources and potential improvements to the calculation along with the required collaborations to achieve these improvements.

Table 9.4 Overview of the data required to calculate the NH₃ emission from co-digestion plants, the agencies that can supply the data, possible improvements to the calculation and the required collaborations to achieve these improvements

Required data	Supplied by	Possible improvements	Collaboration with
processed inputs expressed in tonnes. This is calculated using the permitted capacity of each plant in year X and the average composition of input flows calculated by VEKA (taking into account the < or > 5 MWe threshold)	VEKA/Biogas-E	utilisation of the actual amount of processed inputs at each plant. In an ideal case, subdivided by each of the three types of input streams	VEKA/Biogas-E
average nitrogen content of the different inputs flows: - manure: 8 kg N/ton - E-crop: 7 kg N/ton - PBW: 5,4 kg N/ton	/	utilisation of the actual nitrogen content of the input flows at the plant level or the average value derived from the nitrogen content reported by digestion plants in Flanders	OVAM/MATIS
EF for part 1 of the digestion plant: 0,6 kg NH ₃ /ton N	/	utilisation of the results of the semi-annual measurements of NH ₃ in the studied year or an EF derived from emission data from digestion plants in Flanders, collected over multiple years (and released on one single occasion)	Afdeling Handhaving

Household organic waste digestion plants

There are two possible methods to calculate the NH₃ emission from household organic waste digestion plants. The first one is the same method used for agri-industrial digestion plants (Figure 9.2). Thus the NH₃ emission is calculated as:

$$AE = To * No * EFa * 10^{-3} + Ead$$

In which:

- AE = NH₃ emission from household organic waste digestion plants in Flanders [tonnes NH₃/year];
- To = total amount of processed plant based waste streams in household organic waste digestion plants in Flanders [tonnes PBW/year];
- No = average nitrogen content in PBW [kg N/ton PBW];
- EFa = NH₃ EF for digestion of input flows [kg NH₃/ton N];
- Ead = NH₃ emission from post-treatment of digestate at household organic waste digestion plants in Flanders [tonnes NH₃/year].

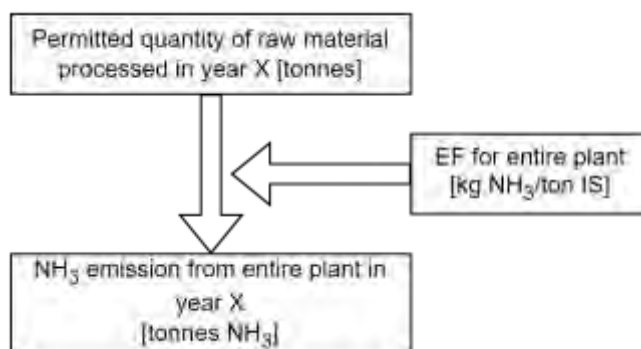
Table 9.5 gives an overview of the required data, the usable data sources and potential improvements to the calculation along with the required collaborations to achieve these improvements.

Table 9.5 Overview of the data required to calculate the NH₃ emission from household organic waste digestion plants, the agencies that can supply the data, possible improvements to the calculation and the required collaborations to achieve these improvements

Required data	Supplied by	Possible improvements	Collaboration with
processed inputs expressed in tonnes. This is calculated using the permitted capacity of each plant in year X	VEKA/Biogas-E	utilisation of the actual amount of processed inputs at each plant	VEKA/Biogas-E
average nitrogen content in PBW: 5,4 kg N/ton IS	/	utilisation of the actual nitrogen content of the input flows at the plant level or the average value derived from the nitrogen content reported by digestion plants in Flanders	OVAM/MATIS
EF for part 1 of the digestion plant: 0,6 kg NH ₃ /ton N	/	utilisation of the results of the semi-annual measurements of NH ₃ in the studied year or an EF derived from emission data from digestion plants in Flanders, collected over multiple years (and released on one single occasion)	Afdeling Handhaving

The second method uses the German EF used for household organic waste digestion plants at which the post-treatment of digestate takes place in an enclosed environment. Figure 9.3 gives a schematic overview of this calculation method.

Figure 9.3 Schematic overview of the second NH₃ emission calculation method, using the German EF. 'IS' is the abbreviation of inputs streams



In a formula the calculation can be displayed as follows:

$$AE = TG * EF_{cba} * 10^{-3}$$

In which:

- AE = NH₃ emission of all household organic waste digestion plants in Flanders [tonnes NH₃/year];
- TG = Total amount of input streams processed by household organic waste digestion plants in Flanders [tonnes input stream/year];
- EF_{cba} = NH₃ EF for digestion followed by post-treatment of digestate using composting in an enclosed environment and post-treatment of air using a biofilter [kg NH₃/ton input stream].

Table 9.6 gives an overview of the required data, the usable data sources and potential improvements to the calculation along with the required collaborations to achieve these improvements.

Table 9.6 Overview of the data required to calculate the NH₃ emission from household organic waste digestion plants, the agencies that can supply the data, possible improvements to the calculation and the required collaborations to achieve these improvements

Required data	Supplied by	Possible improvements	collaboration with
processed inputs expressed in tonnes. This is calculated using the permitted capacity of each plant in year X	VEKA/Biogas-E	utilisation of the actual amount of processed inputs at each plant	VEKA/Biogas-E
EF for NH ₃ : 0,14 kg NH ₃ /ton input stream	/	- NH₃ emission from part 1 of the digestion plant: utilisation of the results of the semi-annual measurements of NH₃ in the studied year or an EF derived from emission data from digestion plants in Flanders, collected over multiple years (and released on one single occasion); - part 2 of the digestion plant - post-treatment of digestate (composting): if the emission mainly occurs through a point source, utilise the results of the semi-annual measurements of NH₃ in the studied year or an EF derived from emission data from digestion plants in Flanders, collected over multiple years (and released on one single occasion). If the emission mainly occurs from a diffuse source, an EF should be determined through an extensive measurement campaign in Flanders	Afdeling Handhaving

Based on the above comparison and the desire to maintain consistency between the methods for agri-industrial and household organic waste digestion plants, method 1 is preferably used. It should be noted that within method 1 a distinction between the agri-industrial and household organic waste digestion plants exists. The post-treatment of digestate can be performed using many different techniques at agri-industrial plants, while at household organic waste plants only composting can be performed.

N₂O emissions

As mentioned in paragraph 0 the only (significant) N₂O emissions are to be expected from the post-treatment of digestate. Because of the existence of a specific EF for the digestion of household organic waste followed by composting in an enclosed environment, the N₂O-emissions for digestion plants in Flanders are calculated separately for both types of digestion plants.

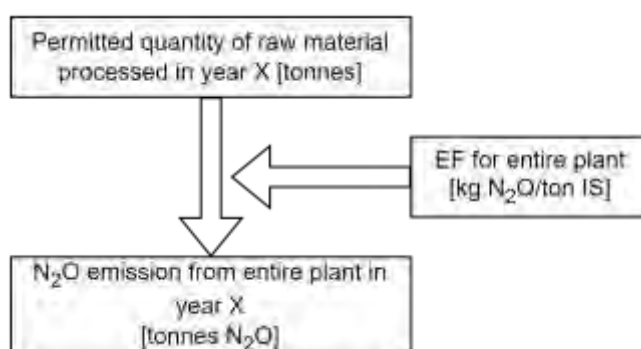
Agri-industrial digestion plants

Given that, at present, there are no EF for the N₂O emissions resulting from digestate post-treatment no emission calculation method can be proposed.

Household organic waste digestion plants

An EF exists which is representative for the N₂O emissions from an entire digestion plant at which digestion of household organic waste takes place, followed by composting of digestate in an enclosed environment. Figure 9.4 shows a schematic overview of how this EF is used in the calculation method for N₂O emissions from household organic waste digestion plants.

Figure 9.4 Schematic overview of the N₂O emission calculation method for household organic waste digestion plants based on the EF which is representative for the entire plant. 'IS' is the abbreviation of input streams



In a formula the calculation can be displayed as follows:

$$LE = TG * EF_{cbl} * 10^{-3}$$

In which:

- LE = N₂O emission of all household organic waste digestion plants in Flanders [tonnes N₂O/year];
- TG = total amount of processed input streams by household organic waste digestion plants in Flanders [tonnes input stream/year];
- EF_{cbl} = N₂O EF for digestion followed by post-treatment of digestate using composting in an enclosed environment and post-treatment of air using a biofilter [kg N₂O/ton input stream].

Table 9.7 gives an overview of the required data, the usable data sources and potential improvements to the calculation along with the required collaborations to achieve these improvements.

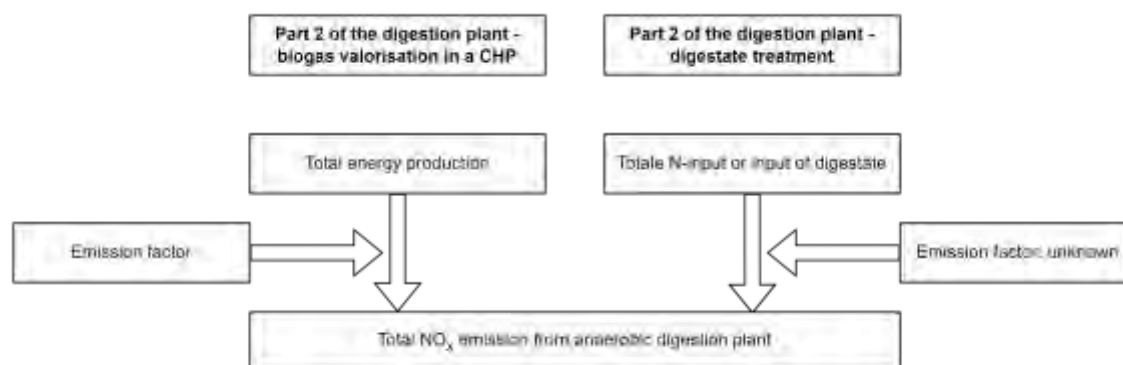
Table 9.7 Overview of the data required to calculate the N₂O emission from household organic waste digestion plants, the agencies that can supply the data, possible improvements to the calculation and the required collaborations to achieve these improvements

Required data	Supplied by	Possible improvements	Collaboration with
processed inputs expressed in tonnes. This is calculated using the permitted capacity of each plant in year X	VEKA/Biogas-E	utilisation of the actual amount of processed inputs at each plant	VEKA/Biogas-E
EF for N ₂ O: 0,066 kg N ₂ O/ton input stream	/	post-treatment of digestate (composting): if the emission mainly occurs through a point source, utilise the results of the semi-annual measurements of NH ₃ in the studied year or an EF derived from emission data from digestion plants in Flanders, collected over multiple years (and released on one single occasion). If the emission mainly occurs from a diffuse source, an EF should be determined through an extensive measurement campaign in Flanders	Afdeling Handhaving

NO_x emissions

Significant NO_x emissions are to be expected from two process steps. On the one hand from the post-treatment of digestate and on the other hand from the valorisation of biogas in a CHP, which is by far the most important emission source. Figure 9.5 gives a schematic overview of the NO_x emission calculation method for both the agri-industrial and household organic waste digestion plants.

Figure 9.5 Schematic overview of the NO_x emission calculation method for all agri-industrial and household organic waste digestion plants in Flanders



In a formula the calculation can be displayed as follows:

$$NE = TE * EF_n + End$$

In which:

- NE = NO_x emission from the agri-industrial and household organic waste digestion plants in Flanders [tonnes NO_x/year];
- TE = total amount of energy (as biogas and natural gas) supplied to the CHP by all the agri-industrial and household organic waste digestion plants in Flanders combined [PJ/year];
- EF_n = NO_x EF for the valorisation of biogas in a CHP [tonnes NO_x/PJ];
- End = NO_x emission resulting from the post-treatment of digestate at the agri-industrial and household organic waste digestion plants in Flanders [tonnes NO_x/year].

Table 9.8 gives an overview of the required data, the usable data sources and potential improvements to the calculation along with the required collaborations to achieve these improvements.

Table 9.8 Overview of the data required to calculate the NO_x emission from agri-industrial and household organic waste digestion plants, the agencies that can supply the data, possible improvements to the calculation and the required collaborations to achieve these improvements

Required data	Supplied by	Possible improvements	Collaboration with
total amount of energy (as biogas and natural gas) supplied to the CHP by all the agri-industrial and household organic waste digestion plants in Flanders combined	VEKA	/	/
corrected default EF for energetic NO _x emissions: 120 tonnes NO _x /PJ	/	to inventory the energetic NO _x emissions, utilize the results of the obligatory measurements of NO _x at the emission point of the CHP. Alternatively utilize an EF derived from emission data from digestion plants in Flanders, collected over multiple years (and released on one single occasion)	Afdeling Handhaving
emissions from post-treatment of digestate	/	derive an EF for the post-treatment of digestate through an extensive measurement campaign in Flanders	Afdeling Handhaving

9.5 Measurement campaigns

In chapter 7 of this study potential measurement techniques and the way they can be implemented to perform the suggested additional measurements (for NH_3 and CH_4) are discussed. The techniques discussed are:

- portable IR camera's;
- portable lasers;
- portable gas detectors (in situ analysis of air samples);
- ex situ analysis of air samples.

The text discusses different techniques and strategies for measuring NH_3 and CH_4 emissions, including portable IR cameras, lasers, gas detectors, and ex situ analysis of air samples. The appropriate technique to use depends on the chosen measurement strategy, with two main strategies being distinguished: bottom-up and top-down methods. The bottom-up approach involves identifying and quantifying all individual emission sources on the company's site, while the top-down approach considers the biogas plant as a single source and carries out concentration measurements at a certain distance from the site. Results from both approaches should be compared for the same site to obtain optimal results.

BIBLIOGRAFIE

- [1 EMIS VITO, „Vlaams Kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken,” [Online]. Available:
] <https://emis.vito.be/nl/bbt>. [Geopend 6 april 2023].
- [2 EMIS VITO, „Begrip BBT,” [Online]. Available: <https://emis.vito.be/nl/bbt/intro/begrip-bbt>. [Geopend 6
] april 2023].
- [3 A. Derden, S. Vanassche en D. Huybrechts, „Eindrapport - Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor
] (mest)covergistingsinstallaties,” Vlaams kenniscentrum voor de Beste Beschikbare Technieken (VITO),
Mol, 2012.
- [4 D. Huybrechts en K. Vrancken, „Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor composteer- en
] vergistingsinstallaties,” Vlaams kenniscentrum voor de Beste Beschikbare Technieken (VITO), Mol, 2005.
- [5 B. Lemmens, J. Ceulemans, H. Elslander, S. Vanassche, E. Brauns en K. Vrancken, „Beste Beschikbare
] Technieken (BBT) voor mestverwerking,” Vlaams kenniscentrum voor de Beste Beschikbare Technieken
(VITO), Mol, 2007.
- [6 EMIS VITO, „BBT in VLAREM II,” [Online]. Available: <https://emis.vito.be/nl/bbt/intro/bbt-vlarem-ii>.
] [Geopend 6 april 2023].
- [7 EMIS VITO, „BBT in de Richtlijn Industriële Emissies en in VLAREM III,” [Online]. Available:
] <https://emis.vito.be/nl/bbt/intro/bbt-de-richtlijn-industriele-emissies-en-vlarem-iii>. [Geopend 6 april
2023].
- [8 S. Tessens en T. Vergrote, „De Vlaamse biogassector in 2022 - Voortgangsrapport,” Biogas-E vzw,
] Kortrijk, 2023.
- [9 T. Vergote en L. Deraedt, Interviewees, *Gesprek Biogas-E betreffende studie i.o.v. VMM*. [Interview]. 3
] maart 2023.
- [1 A. De Dobbelaere, J. Leenknecht, S. Vandendriessche, I. Verleden (Inagro), M. Decorte, K. Winternitz
0] (Biogas-E), E. Meers, T. Vergote (UGent), L. Bamelis, S. (DLV) en Emilie, *Kleinschalige vergisting -
Mogelijkheden en kansen voor de landbouw*, Gent: Mia Demeulemeester, 2020.
- [1 A. Kool (CLM), M. Timmerman, H. de Boer, H.-J. van Doornen (P-ASG), B. van Dun en M. Tijmensens
1] (Ecofys), „Kennisbundeling covergisting,” CLM Onderzoek en Advies BV, P-ASG en Ecofys, Culemborg,
2005.
- [1 I. Vandenbroucke, Interviewee, *Gesprek Vlaco betreffende studie i.o.v. VMM*. [Interview]. 8 maart 2023.
2]
- [1 T. Content, Interviewee, *Gesprek Denuo betreffende studie i.o.v. VMM*. [Interview]. 14 maart 2023.
3]
- [1 Het Europese Parlement en De Raad van de Europese Unie, *VERORDENING (EG) Nr. 1774/2002 VAN HET
4] EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 3 oktober 2002 tot vaststelling van gezondheidsvoorschriften
inzake niet voor menselijke consumptie bestemde dierlijke bijproducten*, Brussel, 2002.
- [1 EMIS VITO, „AFSS - Afval en mest verwerkingsselectiesysteem - GFT- en groenafval,” emis VITO, [Online].
5] Available: https://afss.emis.vito.be/afvalstroom/gft-en-groenafval#group_description. [Geopend 31 juli
2023].
- [1 The Compost Bag Company, „Wat is organisch afval?,” The Compost Bag Company, 23 juni 2017.
6] [Online]. Available: <https://compostbag.eu/faq-items/wat-is-organisch-afval/>. [Geopend 31 juli 2023].
- [1 V. E.-. & K. (VEKA) en energiesparen.be, „Rapport 2022 Deel 1: Rapport OT/Bf voor projecten met een
7] startdatum vanaf 1 januari 2023,” Vlaams Energie- en Klimaatagentschap (VEKA), Brussel, 2022.

- [1 J. Liebetrau, T. Reinelt, A. Agostini en B. Linke, „Methane emissions from biogas plants - Methods for measurement, results and effect on greenhouse gas balance of electricity produced,” IEA Bioenergy, 2017.
- [1 EMIS VITO, „Acid scrubber,” EMIS VITO, 2020. [Online]. Available: <https://emis.vito.be/nl/node/19466>. [Geopend 31 juli 2023].
- [2 EMIS VITO, „Biofilter,” 2020. [Online]. Available: <https://emis.vito.be/en/bat/tools-0/overview/sheets/biofilter>. [Geopend 10 juli 2023].
- [2 R. W. Melse, „Verwijdering van methaan uit ventilatielucht van een drijfmestopslag met een pilotscale biofilter,” Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG), Wageningen, 2003.
- [2 Stuurgroep; I. Van Vynckt, M. D'Heer, J. Verhaegen, G. De Coster, S. Tessens, T. Vergote, L. Deraedt en S. De Bolle, *Informatie verkregen in overleg met de stuurgroep*, Aalst, 2023.
- [2 Biogas-E, „kennis en innovatie - anaerobe vergisting,” 24 augustus 2017. [Online]. Available: <https://www.biogas-e.be/kennisennovatie/anaerobevergisting>.
- [2 Biogas-E, „Procesvoering,” [Online]. Available: <https://www.biogas-e.be/index.php/kennisennovatie/procesvoering>. [Geopend 6 januari 2023].
- [2 D. Deublein en A. Steinhauser, *Biogas from Waste and Renewable Resources - An Introduction*, Weinheim: Wiley-VCH, 2010.
- [2 Biogas-E, „Valorisatie van biogas,” 24 augustus 2017. [Online]. Available: <https://www.biogas-e.be/kennisennovatie/valorisatievanbiogas>. [Geopend 6 januari 2023].
- [2 Biogas-E, „Digestaat,” 13 januari 2022. [Online]. Available: <https://www.biogas-e.be/index.php/kennisennovatie/watisbiogas/digestaat>. [Geopend 6 januari 2023].
- [2 S. Tessens en T. Vergote, „Deep Dive study Green Gas Platform: a roadmap for anaerobic digestion by 2050 - Rapport WP 0 - 2,” Biogas-E, Kortrijk, 2021.
- [2 IVVO, „Proces,” IVVO, 2023. [Online]. Available: <https://www.ivvo.be/proces>. [Geopend 31 juli 2023].
- [3 IGEAN, „VERGISTINGSINSTALLATIES VERWERKEN GFT TOT BIOGAS EN COMPOST,” IGEAN, [Online]. Available: <https://www.igean.be/vergistingsinstallaties-verwerken-gft-tot-biogas-en-compost>. [Geopend 31 juli 2023].
- [3 I. Metcalf & Eddy, G. Tchobanoglous, H. Stensel, R. Tsuchihashi en F. Burton, „7-12 Greenhouse Gas from Biological Nitrogen Transformation,” in *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery*, 5th ed., New York, Mc Graw-Hill Education, 2014, pp. 645-647.
- [3 Nederlands Centrum Mestverwaarding (NCM), „RENURE (kunstmestvervangers): resultaten Europees SAFEMANURE-onderzoek,” Nederlands Centrum Mestverwaarding (NCM), 2023. [Online]. Available: <https://www.mestverwaarding.nl/kenniscentrum/1421/renure-kunstmestvervangers-resultaten-europees-safemanure-onderzoek>. [Geopend 18 juli 2023].
- [3 Vlaams Coördinatiecentrum Mestverwerking (VCM), „Thermisch drogen,” VCM vzw, [Online]. Available: <https://www.vcm-mestverwerking.be/nl/kenniscentrum/5080/thermisch-drogen>. [Geopend 19 april 2023].
- [3 Vlaams Coördinatiecentrum Mestverwerking (VCM), „BIOTHERMISCH DROGEN/COMPOSTEREN,” VCM vzw, [Online]. Available: <https://www.vcm-mestverwerking.be/nl/kenniscentrum/5077/biothermisch-drogen-composteren>. [Geopend 23 juni 2023].
- [3 S. Tessens en T. Vergote, „De Vlaamse biogassector in 2021 - Voortgangsrapport,” Biogas-E vzw, Kortrijk, 2022.
- [3 K. Voorspoels en S. Reyniers, Interviewees, *Gesprek Cogen betreffende studie i.o.v. VMM*. [Interview]. 10 maart 2023.
- [3 G. Otten, J. Peters, S. V. Aa, B. Baeyens, W. Aerts, M. Spruyt en M. Pelgrims, „Onderzoek naar de uitstoot van koolwaterstofverbindingen bij gasmotoren in Vlaanderen, alsmede identificatie van mogelijke beleidsmaatregelen,” VITO, Mol, 2021.
- [3 M. Brautsch, „The assessment of CH₄ and N₂O emissions in biomass CHP systems,” in *6th World Congress on Biofuels and Bioenergy*, London, 2017.

- [3 Climate Policy Watcher, „Nitrous oxide emissions from stationary combustion,” Climate Policy Watcher, 29 januari 2023. [Online]. Available: <https://www.climate-policy-watcher.org/oxide-emissions/nitrous-oxide-emissions-from-stationary-combustion.html#:~:text=The%20N2O%20emission%20from%20stationary%20combustion%20is%20strongly,emissions%20are%20negligible%20below%20800K%20and%20above%201200K..> [Geopend 17 juli 2023].
- [4 U.S. Environmental Protection Agency (EPA), „Greenhouse Gas Inventory Guidance - Direct Emissions from Stationary Combustion Sources,” the Center for Corporate Climate Leadership, Washington D.C., 2020.
- [4 UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy, „Combined Heat and Power - Environmental - A detailed guide for CHP developers – Part 3,” UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy, Londen, 2021.
- [4 European Biogas Association (EBA), „Desing, build and monitor biogas and biomethane plants to slash methane emissions - Pursuing an efficient and sustainable scale-up of the sector,” European Biogas Association (EBA), Brussel, 2023.
- [4 G. Ramon, D. G. Bart en H. Tom, „Chapter 3: Composting,” in *Microbial reuse technology - Theory notes for 1001255*, Gent, Center for Microbial Ecology and Technology - Universiteit Gent, 2020.
- [4 J. M. R. Garcia, J. Webb, B. Amon, M. Broomfield, H.-D. Haenel, S. Wulf en N. Hutchings, „Biological treatment of waste - anaerobic digestion at biogas facilities,” EMEP/EEA, 2019.
- [4 T. Clauß, T. Reinelt, J. Liebetrau, A. Vesenmaier, M. Reiser, C. Flandorfer, S. Stenzel, M. Piringer, F. Anders M., C. Scheutz, M. Hrad, R. Ottner, M. Huber-Humer, F. Innocenti, M. Holm en J. Yngvesson, „Recommendations for reliable methane emission rate quantification at biogas plants,” Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ), Leipzig, 2019.
- [4 K. Broekaert, A. Bakelants, K. Mertens, S. Kourdi en P. Demeyer, „Eindrapport en handleiding bij het Emissie Model Ammoniak Vlaanderen. Update naar versie 2.1 (EMAV2.1),” Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO), 2019.
- [4 Commissie bemesting akkerbouw/vollegrondsgroententeelt, „Handboek bodem en bemesting,” BO Akkerbouw, [Online]. Available: <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting.htm>. [Geopend 14 juni 2023].
- [4 nachwachsende-rohstoffe.de, *Biogas Basisdaten Deutschland*, Gülzow: Fachagentur Nachwachsende, 8] 2008.
- [4 O. Gavrilova, A. Leip, H. Dong, M. James Douglas, B. Carlos Alfredo Gomez, B. Amon, R. Rolando Barahona, d. P. Agustin, A. d. L. Magda, W. Oyhançabal, v. d. W. Tony John en Y. Widiawati, „EMISSIONS FROM LIVESTOCK AND MANURE MANAGEMENT,” Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Genève, 2019.
- [5 D. Günther en P. Gniffke, „National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2020 Federal Environment Agency,” Umwelt Bundesamt, Dessau-Roßlau, 2022.
- [5 M. R.W. en G. C.M., „Emissiefactoren mestbewerking - Inschatting van emissiefactoren voor ammoniak en lachgas uit mestbewerking,” Wageningen UR Livestock Research, Wageningen, 2016.
- [5 E. Honig, J. A. Montfoort, R. Dröge, B. Guis, K. Baas, B. van Huet, O. R. van Hunnik en A. C. W. M. van den Berghe, „Methodology report on the calculation of emissions to air from the sectors Energy, Industry and Waste as used by the Dutch Pollutant Release and Transfer Register,” National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, 2020.
- [5 G. Darío R. en W. John D., „Chapter 2 - Stationary Combustion,” Institute for Global Environmental Strategies (IGES) on behalf of IPCC, Kamiyamaguchi, 2006.
- [5 S. Bakaloglu, D. Lowry, R. E. Fisher en J. L. France, „Quantification of methane emissions from UK biogas plants,” *Waste Management*, vol. 124, pp. 82-93, 2021.
- [5 E. Gudmundsson, A. Fredenslund, J. M. Falk, C. Scheutz, J. Mønster, J. Hinge en S. Petersen, „MÅLRETTET INDSTILLING TIL AT MINDSKE METANTAB FRA DANSKE BIOGASANLÆG,” Ramboll, København, 2021.

- [5 C. Scheutz en A. M. Fredenslund, „Total methane emission rates and losses from 23 biogas plants,”
6] *Elsevier*, vol. 97, pp. 38-46, 2019.
- [5 J. Kuenen, C. Trozzi, L.-K. Nielsen, M. S. Plejdrup, C. Dore, M. Nielsen, K. Kubica, B. Paradiz, P. Dilara, Z.
7] Klimont, S. Kakareka, B. Debsk, M. Woodfield, R. Stewart, R. Whiting en A. Visschedijk, „EMEP/EEA air
pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.A.4 Small combustion 2019,” EMEP/EEA, 2019.
- [5 O. Oenema, G. Velthof, N. Verdoes, P. G. Koerkamp, G. Monteny, A. Bannink, H. v. d. Meer en K. v. d.
8] Hoek, „Forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen; gew. druk,”
Wageningen UR, Wageningen, 2000.
- [5 S. B. Shah, P. W. Westerman en J. Arogo, „Measuring Ammonia Concentrations and Emissions from
9] Agricultural Land and Liquid Surfaces: A Review,” *Journal of the Air & Waste Management Association*,
vol. 56, nr. 7, p. 945-960, 27 februari 2012.
- [6 M. Hassouna, T. Amon, C. Arcidiacono, M. Bühler, S. Calvet, P. Demeyer, P. R. D’Urso, F. Estellés, C. Häni,
0] S. Hempel, D. Janke, M. Kjosovski, T. Kupper, J. Mohn, J. Mosquera, T. Norton, C. Scheutz, N. T. Vechi, P. V.
Overbeke en S. Schrade, „Measuring Techniques for Ammonia and Greenhouse Gas Emissions from
Naturally Ventilated Housings,” *Technology for Environmentally Friendly Livestock Production*, p. 23-63,
23 april 2023.
- [6 Boreal Europe bv, „GasFinder Open Path Monitor – Specifications,” Boreal Laser Europe bv, [Online].
1] Available: <https://www.boreal-laser.nl/products/gasfinder-specifications.php>. [Geopend 12 juni 2023].
- [6 PKL Technologies Inc., „Home,” PKL Technologies Inc., [Online]. Available:
2] <http://www.pkltechnologies.com/>. [Geopend 16 juni 2023].
- [6 NEO Monitors, „LaserGas™ II OP,” NEO Monitors, [Online]. Available:
3] <https://neomonitors.com/product/lasergas-ii-op/>. [Geopend 16 juni 2023].
- [6 Keison Products, „Geotech Biogas 5000 Portable Biogas Analyser,” GeoTech, [Online]. Available:
4] https://www.keison.co.uk/geotechnical_biogas5000.shtml. [Geopend 3 juli 2023].
- [6 Signal Group, „S4 SOLAR XPLORE – Portable heated FID VOC analyser,” Signal Group, 2020. [Online].
5] Available: <https://www.signal-group.com/all-products/s4-solar-xplore/>. [Geopend 3 juli 2023].
- [6 Envea, „E-SERIES NITROGEN OXIDES ANALYZER NO, NOX & NO₂,” Envea, 2023. [Online]. Available:
6] <https://www.envea.global/s/ambient/gas-monitors-ambient/ac32e/>. [Geopend 4 juli 2023].
- [6 Esders, „Opgal EyeCGas 2.0 en EyeCGas mini,” Opgal, 2023. [Online]. Available:
7] <https://www.esders.nl/opgal-eyecgas/>. [Geopend 5 juli 2023].
- [6 Tokyo Gas Engineering Solutions, „Methane Gas detector “Laser Methane mini”,” Tokyo Gas Engineering
8] Solutions, [Online]. Available: https://www.tokyogas-es.co.jp/en/business/eq/laser_methane_mini.html.
[Geopend 5 juli 2023].
- [6 Boreal Europe bv, *GasfinderOP, GFOP*, Delfgauw: Boreal Europe bv, 2016.
9]
- [7 Esders, „ELLI - 730002,” Esders, juni 2023. [Online]. Available:
0] <https://www.esders.nl/products/730002/elli/>. [Geopend 5 juli 2023].
- [7 Picarro, Inc, „G2509 Gas Concentration Analyzer,” Picarro, Inc, 2023. [Online]. Available:
1] https://www.picarro.com/products/g2509_gas_concentration_analyzer. [Geopend 5 juli 2023].
- [7 Y. Wang, L. Liang, J. Liu, D. Guo, Z. Zhu en H. Dong, „Impact of anaerobic digestion on reactive nitrogen
2] gas emissions from dairy slurry storage,” *Elsevier*, vol. 316, 2022.
- [7 T. Carlo, N. Ole-Kenneth, P. Malrene, R. Otto, O. Dagmar, W. Mike en S. Robert, „Energy Industries -
3] Combustion in energy and transformation industries,” EMEP/EEA, 2019.
- [7 Geotechnical Instruments Ltd, „GA2000 / GA2000Plus Gas Operating Manual,” [Online]. Available:
4] <http://keison.co.uk/products/geotechnical/GA2000Manual.pdf>. [Geopend 16 juni 2023].
- [7
5]
- [7 Vlaamse Land Maatschappij (VLM), „Normen en richtwaarden 2023 - versie januari 2023,” VLM, 2023.
6]

Bijlage(n)



**BIJLAGE: VERTROUWELIJK - OVERZICHT VAN DE AGRO-INDUSTRIËLE- EN GFT-
VERGISTINGSINSTALLATIES DIE BINNEN DEZE STUDIE BESCHOUWD WORDEN VOOR
(2021)**



BIJLAGE: VERSLAG VAN DE INTERVIEWS MET SECTORORGANISATIES EN KENNISCENTRA

VERSLAG

Onderwerp	Gesprek Biogas-E betreffende studie i.o.v. VMM	
Project	Onderzoek naar de emissies van de biogassector in Vlaanderen	
Projectcode	134352	
Verslagnummer	-	
Datum overleg	3 maart 2023	
Plaats	MS Teams	
Referentie	134352_04_MOM_v04	
Auteur(s)	Jens Moeyersoms	
Datum verslag	3 maart 2023	
Bijlage(n)	-	
Aanwezig	Biogas-E	Tine Vergote Lisa Deraedt
	Witteveen+Bos	Arnout Soumillion Jens Moeyersoms
Afwezig	-	-
Kopie		

1 LOCATIE AGRO-INDUSTRIËLE EN GFT-VERGISTINGSINSTALLATIES

De locaties van de agro-industriële en GFT-vergistingsinstallaties staan weergegeven in het voorgangsrapport van Biogas-E (2021). In 2021 waren er in totaal 41 installaties, waarvan:

- agro-industriële vergistingsinstallaties: 38
- GFT-vergistingsinstallaties: 3 (5 in 2022)

Dit zijn er veel meer dan de 5 IMJV-installaties. Het is niet duidelijk waarom een aantal grotere installaties niet IMJV-plichtig zijn en een aantal kleinere blijkbaar wel. Vraag is of alle installaties de emissies minstens een keer gemeten hebben.

GFT-vergistingsinstallaties zijn meestal deel van een intercommunale afvalverwerkingsinstallaties, omdat daarin het gescheiden opgehaalde GFT-afval wordt verwerkt. Vergisting wordt dan vaak gevolgd door menging met structuurmateriaal en compostering. Toepassing van het geproduceerde biogas in een WKK geeft hier het bijkomstige voordeel dat de restwarmte benut wordt voor de compostering.

2 TYPES VAN VERGISTINGSINSTALLATIES

Wat het type vergistingsinstallaties betreft, maakt Biogas-E een onderscheid tussen:

- agro-industriële installaties:
 - typisch natte vergisting toegepast via CSTR;
 - mesofiel: 32 installaties;
 - thermofiel: 7 installaties.
 - deze installaties zijn gelinkt aan Vlaco omwille van het mestcertificaat voor verwerkt digestaat.
- GFT-vergistingsinstallaties:

- typisch droge vergisting toegepast via Dranco;
- deze installaties zijn eerder verbonden met Vlaco dan Biogas-E.

Op basis van de data van Biogas-E varieert de grootte van de agro-industriële vergistingsinstallaties tussen 13 MW ('Albertstroom') en 0,5 MW. Dit grootste bedrijf is niet opgenomen in de lijst van IMJV-installaties.

Op 12 september 2022 heeft VEKA het definitieve OT-rapport voor nieuwe biogasprojecten vanaf 2023 gepubliceerd (<https://www.biogas-e.be/node/1194>). Hierin worden de vergistingsinstallaties onderverdeeld als volgt:

3° BIOGAS: nieuwe installaties met een bruto nominaal vermogen > 10 kWe en ≤ 5 MWe	
a. voor de vergisting van mest- en/of land- en tuinbouwgerelateerde stromen of van andere organische-biologische stoffen of afvalstoffen met uitsluiting van:	
1. biogasinstallaties op stortgas	
2. biogasinstallaties met vergisting van afvalwater, afvalwaterzuiveringsslib, rioolwater of rioolwaterzuiveringsslib	
3. biogasinstallaties voor GFT-vergisting bij een bestaande composteringsinstallatie	
waarbij het project voorziet in burgerparticipatie	cat. 5/1a
die niet vallen onder cat. 5/1a	cat. 5/1b
b. voor GFT-vergisting bij een bestaande composteringsinstallatie	
waarbij het project voorziet in burgerparticipatie	cat. 6/1a
die niet vallen onder cat. 6/1a	cat. 6/1b
4° BIOGAS: nieuwe installaties met een bruto nominaal vermogen > 5 MWe en ≤ 20 MWe voor de vergisting van mest- en/of land- en tuinbouwgerelateerde stromen of van andere organische-biologische stoffen of afvalstoffen met uitsluiting van:	
1. biogasinstallaties op stortgas	
2. biogasinstallaties met vergisting van afvalwater, afvalwaterzuiveringsslib, rioolwater of rioolwaterzuiveringsslib	
3. biogasinstallaties voor GFT-vergisting bij een bestaande composteringsinstallatie	
waarbij het project voorziet in burgerparticipatie	cat. 10/1a
die niet vallen onder cat. 10/1a	cat. 10/1b

3 INPUTSTROMEN

In datzelfde OT-rapport van VEKA zijn volgende typische inputverdeling bij agrarisch en industriële vergisters opgenomen in functie van de categorie:

- cat 5/1a en 5/1b:
 - energiegewassen (maïs): 13,2 %;
 - mest: 27,7 %;
 - OBA (organisch biologisch afval): 59,1 %.
- cat 10/1a en 10/1b:
 - energiegewassen (maïs): 6,3 %;
 - mest: 15,2 %;
 - OBA (organisch biologisch afval): 78,5 %.

Voor het categoriseren van afval worden typisch EURAL-codes gebruikt. Bij de analyse van de IMJV data en de gekende vergistingsinstallaties is een lijst gekomen van typische inputstromen en de overeenkomstige EURAL-codes. Bij het gebruik van deze codes om een onderverdeling te maken, komen volgende aandachtspunten naar voor:

- doel is zo nauwkeurig mogelijke onderverdeling maken, maar tot op de individuele code zal niet mogelijk zijn;
- doorgaans grovere opdeling gebruikt: OBA, mest, energiegewassen (en stortplaatsgas => niet binnen scope studie).

Biogas-E geeft nog mee dat installatie op 100 % energiegewassen niet bestaan . 100 % mest of 100 % OBA is in principe wel mogelijk → kan nuttig zijn voor de bepaling van EF.

4 VOORNAAMSTE PROCESSEN EN PROCESSTAPPEN

Vergistingsproces:

- bij agro-industriële installaties passen er 31 het mesofiel proces toe en 7 het thermofiel proces;
- bij GFT-vergassingsinstallaties worden beide toegepast;
- zeer beperkt (echt niche) wordt er gewerkt met 2 reactoren (met een verschillende verblijftijd), waarbij in de eerste reactor het mesofiel proces plaatsvindt en in de tweede reactor het thermofiel proces. Het proces in de tweede reactor wordt dan gezien als 'navergisting'.

Voorbehandeling:

- zeer variabel afhankelijk van input;
- vaak hygiëniserings stap;
- voorverteren: begin van de hydrolyse, met de bedoeling om complexe structuren/moleculen reeds (gedeeltelijk) te verteren. Om verwarring te vermijden wordt het best niet benoemd als 'voorvergisten'.

nabehandeling:

- bijna altijd scheiding dikke (C- en P-rijk) en dunne fractie (N-rijk) toegepast;
- verder ook redelijk divers afhankelijk van situatie, noden, wensen, ...
- kan grote invloed hebben op emissies: wanneer de nabehandeling niet volledig wordt uitgevoerd binnen de beschouwde vergistingsinstallatie/het beschouwde bedrijf, worden bepaalde emissies "vermeden", terwijl deze bij bedrijven die de hele nabehandeling uitvoeren wel moeten worden beschouwd. De "vermeden" emissies komen mogelijks vrij tijdens een volgende stap op een andere plaats. Echter valt de volledige LCA-analyse buiten de scope van deze studie;
- opslag digestaat moet volgens VLAREM overdekt gebeuren;
- bij het indrogen van de vaste fractie moet er volgens VLAREM gebruik gemaakt worden van een afzuiging en behandeling/recuperatie..

De BBT-studie covergisting uit 2010 werd eerder in project bekeken. Deze bevat misschien niet alle technieken die vandaag worden toegepast.

Er is een wettelijke verplichting tot het periodiek opvolgen van diffuse emissies:

- bij agro-industriële vergisters voert 30 - 50 % van de bedrijven jaarlijks een lek-scan uit;
- dergelijke scan wordt typisch uitgevoerd met een IR-camera.

5 TOEPASSINGEN BIOGAS

WKK wordt ruim het meeste toegepast. Als alternatief wordt het biogas soms rechtstreeks in een boiler verbrand, waarbij er dus geen elektrisch vermogen wordt opgewekt (voornamelijk in WZI's toegepast).

Een andere manier om het geproduceerde biogas te gebruiken is het op te werken tot biomethaan. Recent zijn er 3 installaties die dit toepassen:

- IOK (GFT-verwerker) sinds 2018 of 2019;
- Aquafin in Antwerpen-Zuid: slibvergisting die na afschrijving van de WKK overschakelde (→ er wordt gepland om in de toekomst op nog meer sites over te schakelen);
- Verko (GFT-verwerker): sinds 2022, verbruikt deels via WKK en deels naar biomethaan (80/20 %).

6 VERWACHTE EVOLUTIES

- Opwerken van biogas naar biomethaan:
 - er is interesse, maar geen duidelijke wetgeving;
 - in het buitenland wordt het wel vaker toegepast;
 - door gebrek aan beleid staat de rem op grootschalige investeringen. Het beleid zal dus bepalend zijn voor toekomstige evoluties
 - vaak wordt biomethaan te duur bevonden en worden er vragen gesteld bij de CO₂-reductie t.o.v. WKK;
 - het opgezuiverde biomethaan is steeds voor verkoop, anders onzinnig: als 100% wordt opgezuiverd verliest de producent wel de warmte die normaal uit de WKK komt. Dit kan nadelig zijn voor de digestaat nabehandeling. Daarom is een combinatie van WKK (warmte produceren die nodig is op het bedrijf) en opzuiveren tot biomethaan aangewezen.
- RENURE-groep (<https://inagro.be/projecten/renure>): de operationele groep RENURE wil hoofdzakelijk de land- en tuinbouw klaarstomen voor het gebruik van deze ammoniumzouten binnen de nieuwe, aankomende RENURE-wetgeving;
 - er wordt ingezet op de productie van een soort kunstmest (NH₃-zouten en mineralen) via opzuivering digestaat => nog niet erkend. Dit is enkel mogelijk bij dierlijke mestverwerking;
 - de klant vraagt steeds vaker mest op maat, waardoor een meer doorgedreven nabehandeling van het digestaat nodig is. Deze trend lijkt zich verder door te zetten.

7 ALGEMENE BEDENKINGEN

VEKA staat dichterbij bepaalde installaties, dus zeker aanvullend op de info uit dit gesprek.

Bij het gebruiken van emissiefactoren en emissiemetingen moet er aandachtig zijn voor de vergelijkbaarheid:

- wat werd meegenomen?
- hoe werd er gemeten?
- ...

Kleine installaties worden anders bedreven dan grote (bv. op het vlak van automatisering en sturing). In de zogenaamde 'biologie' wordt uit de dunne fractie via membraanfiltratie, RO, ... een geconcentreerde minerale stroom bekomen en "gezuiverde"/loosbaar water. Indien de dunne fractie bekomen is uit mestverwerking (puur of co), mag dit echter niet geloosd worden omdat het nog aanzien wordt als mest. Ook is er een extra aangifte bij de mestbank vereist bij toepassing van dit "water".

Inputstromen hebben invloed op het bedreven proces, maar niet meteen eenduidig aan te geven hoe exact.

8 VERVOLGACTIES

Raadplegen bijkomstige documenten:

- Duurzaamheidscriteria;
- REDD2 => berekeningsmethode emissies (in bijlage?);
- Energiebesluit;
- Studie rond methaanslib van de Europese biogasassociatie.

Vragen te stellen in volgende gesprekken:

- vermogens van de installaties in Vlaanderen;
- criteria voor opname in IMJV-lijst.

VERSLAG

Onderwerp	Gesprek Denuo betreffende studie i.o.v. VMM	
Project	Onderzoek naar de emissies van de biogassector in Vlaanderen	
Projectcode	134352	
Verslagnummer	-	
Datum overleg	14/03/2023	
Plaats	MS Teams	
Referentie	134352_07_MOM_v02	
Auteur(s)	Jens Moeyersoms, Arnout Soumillion	
Datum verslag	24 maart 2023	
Bijlage(n)	-	
Aanwezig	Denuo Witteveen+Bos	Tore Content Arnout Soumillion Jens Moeyersoms
Afwezig	-	-
Kopie		

1 INLEIDING

Denuo is de Belgische federatie van de afval- en recyclagesector. Zij adviseren overheden en bedrijven bij de transitie naar een circulaire economie, ontwikkelen ecosystemen van producenten en materiaalverwerkers en brengen de standpunten van hun leden samen. Binnen hun ledenbestand zijn er ook een heel aantal vergistingsinstallaties.

De gesprekspartner, Tore Content, heeft in het verleden FEBIGA opgericht en zelf een biogasinstallatie geëxploiteerd. FEBIGA werd als sectororganisatie parallel opgericht aan Biogas-E, omdat deze laatste voornamelijk een kenniscentrum is dat toeleveranciers, bouwheren,... verenigt en in mindere mate de exploitanten vertegenwoordigt.

Voor Denuo beweegt er de laatste tijd zeer veel. Zo is er de wet op overwinstbelasting (die kleine flexibele bedrijven hard treft), de aanpassing van steunmechanismen en zullen de duurzaamheidsberekeningen (onder andere voor biogas) veranderen. Deze wijziging moeten respectievelijk op 1 juli en 1 augustus geïmplementeerd zijn. Daarnaast spelen er ook nog PFAS en stikstof problematieken, wat een sterke achteruitgang van de sector zou kunnen betekenen als er geen actie ondernomen wordt.

2 LOCATIE AGRO-INDUSTRIËLE EN GFT-VERGISTINGSINSTALLATIES

De kaart uit het voortgangsrapport van Biogas-E vormt hiervoor een goede bron.

3 TYPES VAN VERGISTINGSINSTALLATIES + PROCESSTAPPEN

Denuo vraagt aandachtig te zijn voor het verschil in beschouwde emissies per site door een ander stadium van verwerking op de site. Een meer circulaire site heeft namelijk meer emissiepunten, maar levert wel een waardevoller eindproduct af. Wanneer bijvoorbeeld digestaat onbehandeld wordt afgevoerd treden er minder emissies op binnen de site, maar op de locatie waar het digestaat wordt toegepast zullen deze emissies alsnog vrijkomen in het milieu. Het is dus belangrijk om bewust te zijn van wat er onder de “glazen stolp” van de site zit.

Een mogelijke aanpak is volgens Denuo om een vergistingsbedrijf/site te beschouwen als twee afzonderlijke delen/bedrijven:

- 1 een deel dat quasi gelijk is voor alle vergistingsinstallaties, namelijk de input(voorbehandeling) en het vergisten zelf:
 - wat de inputstromen betreft is de standaard verdeling door VEKA bruikbaar (zie Hoofdstuk 4);
 - de essentie van de vergisting is altijd om koolstof uit mest, energiegewassen,... om te zetten naar biogas;
 - Mogelijks is een bijkomende opdeling nodig volgens ‘dierlijke lijn’ en ‘plantaardige lijn’. Dit onderscheid heeft meestal een wettelijke reden, maar misschien heeft het ook een effect op emissies en duurzaamheidsaspecten?
 - Alle handelingen in dit eerste deel worden overdekt uitgevoerd (vergistingsinstallatie: betonnen kuip + rubberen afdekking) en zijn daarom vermoedelijk makkelijk te kwantificeren. Er kunnen wel diffuse lekverliezen zijn. Deze zijn in principe op te sporen via IR-camera. 50 % van de bedrijven doet dit momenteel. De andere bedrijven hebben de wil of de middelen niet. Dit zou nochtans interessant zijn om te kwantificeren voor alle installaties;
- 2 een deel waarbinnen grote verschillen optreden, namelijk het nabehandelen van digestaat:
 - nabehandeling is niet bij iedereen aanwezig en bij degene waar het wel aanwezig is, is het zeer divers. Typische handelingen zijn:
 - afvoer digestaat
 - scheiden digestaat ook veel toegepast, maar niet overal. Verdere terugwinning van de nutriënten interessant (uit dikke fractie)
 - verdere verwerking dunne fractie (zeer gevarieerd)
 - hydrolysestap kan ook verschillen per installaties, maar heeft weinig invloed op emissies.

Alle installaties vallen onder VLAREM III wetgeving, toch zijn er maar 5 IMJV plichtig. Ook Denuo kent hiervoor de reden niet.

4 INPUTSTROMEN

Wat de inputstromen betreft staat alles constant in beweging. Momenteel liggen de duurzaamheidscriteria die gekoppeld zijn aan de inputstromen opnieuw op ter discussie op tafel.

Het onderscheid tussen de drie grote groepen van inputstromen is waarschijnlijk de beste benadering. Het gebruik van EURAL-codes is te vergaand en gaat te veel in detail. De meerwaarde hiervan is te beperkt wanneer er geen uitgebreide LCA wordt uitgevoerd. Omdat de standaardverdeling van VEKA ook de basis vormt voor wetgeving, is het logisch om deze aan te houden.

Zoals aangegeven staan de duurzaamheidscriteria gekoppeld aan de inputstromen ter discussie, waardoor er in de toekomst mogelijks een update nodig is van de standaardverdeling. Wat de discussie rond de duurzaamheidscriteria betreft zijn er twee opties:

- Vlaanderen volgt de EU-bepaling ‘RED 2’ (renewable energy directive): dit zou willen zeggen dat de vrijstelling van een deel van de organische inputstromen (substraten bij co-vergisting) voor de CO₂-berekening wegvalt. Momenteel is het nog onduidelijk hoe het dan georganiseerd/ berekend zal worden;
- Vlaanderen past een eigen systematiek toe.

5 DIGESTAAT

Er zijn grote verschillen in de digestaat nabehandeling. Mogelijke verwerkingsstappen zijn:

- Het ruw digestaat simpelweg in zijn geheel uitrijden;
- Scheiden van het ruw digestaat met de centrifuge in een dikke en dunne fractie:
 - Dikke fractie:
 - Rechtstreeks afvoeren;
 - Indrogen en afvoeren.
 - Dunnen fractie:
 - Naar de biologie → grote emissie door (de)nitrificatie
 - Strippen → $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ → DeNOx-installatie

6 TOEPASSINGEN BIOGAS

WKK is de voornaamste toepassing van biogas.

Opwerken van biogas tot biomethaan (verwijderen van CO_2) wordt ook interessant bevonden, al zal er naar verwachting altijd een hybride werking (deel WKK, deel opwerken) nodig zijn. Dit is zeker het geval voor agrarische vergistingsinstallaties, die geen vergunning krijgen zonder dat ze mest verwerken, omdat mest namelijk meer water bevat dan dat het een energiegrondstof is. Echter verliest het bedrijf de ondersteuning bij toepassing van dit hybride systeem (in Wallonië is de context heel anders). Een aanpassing van de huidige wetgeving is dus noodzakelijk.

Opmerking: Er is ook een deel methaanslip bij opzuivering van het biogas

bioLNG wordt mogelijks meer geproduceerd in toekomst als er grotere volumes biogas beschikbaar komen, maar zal ook steeds off-site gebeuren (zoals bioCNG nu).

7 VERWACHTE EVOLUTIES

Denuo verwacht een evolutie naar B2B biomethaan en biogas vermarkting. Biomethaan en biogas zullen dus meer vermarkt worden en minder afhankelijk worden van steun en sturing van de overheid.

In het verleden werd biogasproductie vaak opgezet in zogenaamde 'greenfield projecten', waarbij er op een kale akker een vergistingsinstallatie werd gebouwd. Vanuit de omgeving werd zo veel mogelijk organisch materiaal aangevoerd naar deze installatie om de elektriciteitsproductie te maximaliseren. Het is echter beter om meer (verticale) integratie met andere bedrijven te bekomen. Zo kan bv. een langetermijncontract voor aanlevering van biomethaan gesloten worden met een naburig bedrijf. Dit zorgt voor het bedrijf voor een vaste toevoer van duurzame brandstof en maakt de vergistingsinstallatie minder afhankelijk van overheidsbeslissingen die snel en onvoorspelbaar kunnen veranderen.

Met betrekking tot mest-covergistingsinstallaties merkt Denuo op dat mest een zeer grote administratieve last en extra technische implicaties met zich meebrengt. Hiervoor verwijst het naar het 'mestmultiplicatoreffect' waarbij de volledige output van de vergisting als een meststroom beschouwd vanaf dat de input een druppel mest bevat. Wanneer deze als mest beschouwde output (maar van mindere 'bemestingskwaliteit') door de langbouwer gebruikt wordt, komt dit bovenop de basis uitrijregeling. Mede daardoor verloopt de afzet van mest momenteel zeer moeilijk, wat het belang onderstreept om met gescheiden lijnen te werken. Daarnaast zorgt mest ook voor eigenaardig gedrag, wat de verwerking technisch/operationeel moeilijker maakt (bv van scheiding digestaat, vlokvorming, ...).

Door de overschakeling naar B2B vermarkting van biogas en biomethaan en de aangepaste duurzaamheidscriteria gaat de voorkeur gaan naar inputstromen met een hoge CO_2 reductiefactor. Energiegewassen gaan in dat geval technisch-economisch uit de inputstromen verdreven worden. De verwerking van mest met een voldoende hoge energie-inhoud (kippenmest bijvoorbeeld, geen dunnere koeienmest), kan dan weer interessanter worden en meer opbrengen. Kippenmest neemt nu al een hoge

vlucht. Vroeger ontving de vergister 10 euro/ton voor het verwerken van kippenmest, nu moet de vergister 25 euro/ton betalen voor de aankoop van kippenmest.

In Vlaanderen wordt de ondersteuning voor hernieuwbare energie weggehaald. Hierdoor zullen de OBA-stromen weglekken naar locaties in de EU waar er een grotere betalingsbereidheid is. Zo wordt in Denemarken 200euro/MWh steun betaald voor biogasinstallaties, waardoor Deense installaties hier het OBA opkopen.

8 ALGEMENE BEDENKINGEN

Als er een stap terug wordt genomen om naar de vergistingssector in de brede context te kijken, zien we het volgende: OBA bevat water, koolstof en mineralen. Het doel van een circulaire economie moet zijn om deze 3 grondstoffen te recupereren:

- Koolstof: in een energievorm die de markt wilt;
- Water: irrigatie (landbouwer) of lozen;
- Mineralen: voornamelijk N, P en K zijn belangrijk voor de voedselproductie.

Deze recuperatie van grondstoffen vormt de essentie van de sector. In de complexiteit van het geheel mag deze essentie niet verloren gaan.

CES en Pro2 hebben data van bv. NOx-metingen die ze verkregen via onderhoudswerken.

Denuo kan eventueel vragen doorspelen naar leden, maar deze moeten zeer eenvoudig geformuleerd zijn.

Anders komt er waarschijnlijk geen respons, zeker niet wanneer er opzoek werk vereist is.

VERSLAG

Onderwerp	Gesprek Vlaco betreffende studie i.o.v. VMM	
Project	Onderzoek naar de emissies van de biogassector in Vlaanderen	
Projectcode	134352	
Verslagnummer	-	
Datum overleg	8 maart 2023	
Plaats	MS Teams	
Referentie	134352_05_MOM_v03	
Auteur(s)	Jens Moeyersoms	
Datum verslag	10 maart 2023	
Bijlage(n)	-	
Aanwezig	Vlaco Witteveen+Bos	Ingrid Vandenbroucke Arnout Soumillion Jens Moeyersoms
Afwezig	-	-
Kopie		

1 POSITIE VLACO BINNEN DE BIOGASSECTOR

Vlaco heeft een brede focus rond het sluiten van biologische kringlopen, waardoor ook GFT-vergistingsinstallaties tot het kennisdomein behoren. Vlaco is een kenniscentrum dat zich onder andere bezig houdt met kwaliteitscontrole van biologische verwerkers gekoppeld aan certificering, opvolging van BBT-studies en onderzoeksprojecten. Omdat Vlaco werkt binnen het kader van VLAREMA, ligt de focus voornamelijk op materialen en het duurzame gebruik ervan.

2 INPUTSTROMEN

In het voorgaande gesprek met Biogas-E kwam de standaardverdeling van inputstromen die VEKA hanteert ter sprake. Dit is een sterke vereenvoudiging van de grote diversiteit die er voornamelijk binnen het OBA (organisch biologisch afval) bestaat. Vlaco heeft alle data over de inputstromen, maar stelt zich de vraag of het nuttig is om hier tot in detail op in te gaan en maakt ook de bedenking dat niet alle data gedeeld kan worden omwille van het bedrijfsspecifieke karakter. Waarschijnlijk hebben de processtappen en procesvoering zelf een grotere invloed op de emissies dan de specifieke stromen die verwerkt worden.

Vlaco geeft aan dat het gebruiken van de EURAL-codes niet eenvoudig is, dat ze zeer gedetailleerd kunnen gaan en dat ze soms verkeerd worden toegewezen. Wel kunnen ze een idee kunnen geven van de oorsprong van de inputstromen. Echter is er ook verlies van informatie van zodra stromen gemengd worden, aangezien de nieuwe stroom onder een andere code valt.

De FOD-Gezondheid heeft een lijst van wat mag vergist worden en de bijhorende EURAL-codes. Dit kan een beeld geven van de onderdelen van OBA die geschikt zijn voor vergisting.

De opslag van inputstromen en alle volgende stappen (voorbehandeling, vergisting, ...) moeten binnen gebeuren:

- de ruimte moet worden afgezogen en de afgezogen lucht moet nabehandeld worden;
 - VLAREM II vermeldt het gebruik van een zuur water en biologische filter;
 - een afwijking in de omgevingsvergunning is in principe mogelijk;
 - alle installaties bekend bij Vlaco passen de afzuiging met zuivering ook toe;
- compostering (een latere rijpingsfase) mag wel buiten, maar gebeurt meestal ook binnen;
- in VLAREM III Hoofdstuk 3.14 (3.14.4: biologische behandeling van afval) worden emissiegrenswaarden en bijbehorende meetfrequenties (halfjaarlijks tot maandelijks) voor een aantal pollutanten (NH₃, H₂S, stof en VOS) vermeld. De vraag is in hoeverre deze beschikbaar zijn om te gebruiken binnen EIL.

Algemeen is het dus nuttig om emissiegegevens van de luchtzuiveringsinstallaties te verzamelen. Dit zou een reëel beeld geven van de emissies afkomstig van de installaties en omvat het grootste deel van de processtappen.

Opmerking: de meetverplichting geldt pas sinds augustus 2022, waardoor mogelijk nog niet veel data beschikbaar is. Mogelijk werden meetverplichtingen al wel eerder opgenomen in de BZV van omgevingsvergunningen van (grote) installaties. Daarom is het waarschijnlijk nuttig zijn om in eerste instantie te focussen op emissiegegevens van de IMJV-installaties. Ook is er nog niet voor alle pollutanten (o.a. H₂S) een EGW.

3 TYPES VAN VERGISTINGSINSTALLATIES

Op de website van Vlaco is een kaart beschikbaar met de verschillende installaties die lid zijn van Vlaco. In het jaarverslag staan toekomstige cijfers over deze installaties.

In hoofdlijnen worden volgende vergistingsinstallaties onderscheiden op basis van het type inputstromen:

- industriële vergistingsinstallaties: verwerken geen mest;
- agro-industriële installaties: verwerken mest in combinatie met andere inputstromen zoals energiegewassen en OBA (co-vergisting);
- GFT-vergistingsinstallaties: verwerken ingezameld GFT-afval. Deze installaties moeten compostering toepassen. Dergelijke compostingsproces duurt minstens 4 weken. Ook industriële en agro-industriële vergisters passen soms een beperkte "compostingsstap" toe, maar technisch gezien is dit geen compostering, omdat er geen humus wordt gevormd. Wat ze eigenlijk doen, is het digestaat gedurende 2 weken indrogen. Een volledige compostering duurt hen te lang en neemt veel ruimte in beslag.

4 VOORNAAMSTE PROCESSEN EN PROCESSTAPPEN

De laatste 3 nieuwe GFT-vergistingsinstallaties zijn droge vergisters. Deze vorm wordt ook het meeste toegepast. Er is slechts één natte GFT-vergister in leper (op 5 installaties), dewelke mesofiel werkt. Zowel een mesofiel als thermofiel proces wordt toegepast bij GFT-vergisters.

De GFT-vergistingsinstallaties kunnen hygiëniseren toepassen door het digestaat in een 2^{de} reactor gedurende 1 uur te verwarmen tot minimaal 70 °C. Er is ook een validatie mogelijk door een extern bedrijf (Vlaco) waardoor een alternatieve hygiëniseringsprocedure toegestaan wordt (bv. 3 uur verwarmen tot 55°C). Hygiëniseren is eerder een niche toepassing.

Voor nabehandeling van digestaat worden meestal volgende stappen toegepast:

- scheiding dikke en dunne fractie;
- verdere verwerking/toepassing **dunne fractie:**
 - de dunne fractie gaat naar de biologie, waar een deel N-verwijdering optreedt. Het effluent wordt:
 - ofwel lokaal uitrijden. Na controle krijgt het namelijk de stempel 'meststof' (dit is iets anders dan kunstmest);

- ofwel een bijkomende NH₃-stripping toepassen. Dit levert enerzijds een sterk geconcentreerde stroom die kan worden opgewerkt tot kunstmest, en anderzijds een stroom zuiver water dat geloosd kan worden.
- verdere verwerking/toepassing **dikke fractie**:
 - drogen en lokaal proberen afzetten als kunstmest, maar meestal export (naar Frankrijk).

Het merendeel van de processtappen worden binnen uitgevoerd:

- inputstromen moeten binnen worden opgeslagen;
- verwerking van de input, vergisting, ... gebeuren binnen;
- digestaat mag niet buiten rijpen (enkel bij uitzondering in een zeer laat stadium);
- indamping van het effluent gebeurt wel in open bekkens (vergelijkbaar met WZI).

5 TOEPASSINGEN BIOGAS

Het biogas wordt vooral gebruikt in:

- een WKK, waarbij de geproduceerde elektriciteit op het net wordt gezet en de warmte wordt gebruikt in de eigen bedrijfsvoering;
- er is interesse om biogas op te werken tot biomethaan, maar de onzekere wetgeving en economische en vergunning technische tijd vormen een rem. Momenteel is IOK de enige GFT-vergistingsinstallatie die dit doet.

6 VERWACHTE EVOLUTIES

Vlaco denkt dat in de toekomst meer opzuivering van biogas tot bv biomethaan zal plaatsvinden. De huidige wetgeving maakt dit momenteel echter nog moeilijk. De onzekerheid rond omgevingsvergunningen omwille van de stikstofproblematiek zet ook een rem op investeringen.

7 ALGEMENE BEDENKINGEN

Vlaco geeft aan dat volgende documenten nuttige informatie kunnen bevatten:

- VLAREM III (GPBV-bedrijven);
- BBT-studies composteren en mestverwerking;
 - Bij de studie rond mestverwerking zou recent een nieuwe bijlage zijn toegevoegd?
- VLAREMA;
- OVAM: algemeen reglement (dewelke ook de meetverplichting omvat?).

Volgens VLAREM moeten bedrijven altijd een milieuzorgsysteem hebben. Dus misschien wordt de jaarlijkse lek-scan verplicht in de nieuwe VLAREM-wetgeving.

Voor het achterhalen van de processtappen zou de omgevingsvergunning nuttig kunnen zijn. Deze wordt best rechtstreeks bij het bedrijf opgevraagd. Veel bedrijven vallen onder GPBV-regeling. Hierdoor kunnen mogelijk meer gegevens teruggevonden worden.

Alle processtappen gebeuren in principe binnen afgesloten ruimte met luchtafzuiging en -behandeling. Er moet dus zeker gezocht worden naar emissiemeetgegevens uit de nabehandelingsinstallaties. Het opmeten is alleszins technisch mogelijk en zou een goede informatiebron zijn.

In Vlaanderen valt zuivere mest niet onder de afvalstoffen wetgeving. Op EU-niveau is dit wel het geval.

8 VERVOLGACTIES

- nagaan welke bedrijven onder VLAREM III Hoofdstuk 3.14 vallen en of er meetgegevens beschikbaar zijn;
- berekening van de emissies per ton inputstroom via de meetgegevens en de verdeling van inputstromen volgens VEKA.

VERSLAG

Onderwerp	Gesprek Cogen betreffende studie i.o.v. VMM	
Project	Onderzoek naar de emissies van de biogassector in Vlaanderen	
Projectcode	134352	
Verslagnummer	-	
Datum overleg	10/03/2023	
Plaats	MS Teams	
Referentie	134352_06_MOM_v02	
Auteur(s)	Jens Moeyersoms, Arnout Soumillion	
Datum verslag	24 maart 2023	
Bijlage(n)	-	
Aanwezig	Cogen	Kris Voorspoels Stefaan Reyniers Arnout Soumillion Jens Moeyersoms
	Witteveen+Bos	
Afwezig	-	-
Kopie		

1 INLEIDING

Cogen is de belangenvereniging van de WKK-gebruikers. Zij zijn niet rechtstreeks betrokken bij de biogassector, maar vertegenwoordigen wel enkele gebruikers van WKK op biogas. Voor dit procesonderdeel kunnen zij dus mogelijks verdere inzichten aanleveren.

Specifiek werden onderstaande vragen voorgelegd aan Cogen:

- worden er verschillende types WKK's ingezet binnen de biogassector, of zijn de verschillen verwaarloosbaar?
- wat kan er gezegd worden over de emissies afkomstig van WKK's ingezet binnen de biogassector? Zijn hier cijfers over? Zijn hier specifieke emissiefactoren voor?
- stellen jullie bepaalde evoluties vast binnen het WKK gebruik in de biogassector? Verwachten jullie bijvoorbeeld een daling van de interesse wanneer het opwerken van biogas tot biomethaan belangrijker wordt?

Ter info: bij dit interview hoort een presentatie aangeleverd door Cogen.

2 TYPES WKK-INSTALLATIES

VEKA beschikt over indicatieve cijfers van het aantal WKK-installaties per type en binnen bepaalde klassen van bruto geïnstalleerd vermogen. Cogen leverde een tabel aan met deze cijfers voor de biogas WKK's in het jaar 2020. Deze cijfers zijn indicatief aangezien het specifiek gaat over certificaatgerechtigde installaties.

Deze cijfers werden recent door VEKA offline gehaald, dus moet er navraag gedaan worden om zeker te zijn dat de juiste cijfers gebruikt worden.

De cijfers met opdeling naar type en vermogen laten twee vaststellingen optekenen (zie ook onderstaande afbeelding uit de ontvangen presentatie):

- 1 de installaties met een vermogen kleiner dan 1 MWe zijn in de praktijk altijd van het type 'gasmotor';
- 2 de installaties met een vermogen groter dan 1 MWe zijn van verschillende types.

	≤ 10 kWe	> 10 kWe en ≤ 200 kWe	> 200 kWe en ≤ 1 MWe	> 1 MWe en ≤ 5 MWe	> 5 MWe en ≤ 10 MWe	> 10 MWe en ≤ 20 MWe	> 20 MWe
	0,2%	0,6%	9,5%	68,1%	10,3%	11,2%	0,0%
	≤ 10 kWe	> 10 kWe en ≤ 200 kWe	> 200 kWe en ≤ 1 MWe	> 1 MWe en ≤ 5 MWe	> 5 MWe en ≤ 10 MWe	> 10 MWe en ≤ 20 MWe	> 20 MWe
Gasmotor	100%	100%	100%	85%	49%	0%	-
Stoomturbine met condensor	0%	0%	0%	5%	0%	0%	-
Tegendruk stoomturbine	0%	0%	0%	0%	51%	100%	-
Andere	0%	0%	0%	11%	0%	0%	-

3 EMISSIEGEGEVENS WKK-INSTALLATIES

Voor aardgas is er een standaardemissiefactor beschikbaar in de IPCC richtlijn uit 2006 voor verbruik in verbrandingsmotoren. In deze richtlijn wordt een andere emissiefactor opgegeven voor biogas. De reden hiervoor wordt niet vermeld. Vermoedelijk ligt de oorzaak bij de biogene oorsprong van biogas.

In VLAREM II (artikel 5.43.2.15) zijn er geen emissiegrenswaarden opgegeven voor methaan (noch fossiel, noch biogeen)

Er werd wel een studie uitgevoerd door VITO in november 2021 naar de emissies van 4 WKK-installaties, waarvan er één werkzaam was op biogas. In deze studie werd de methaanslip aan de uitlaat gemeten en onderzocht men de relatie met de NO_x-emissies onder verschillende procescondities.

Voor de overige polluenten binnen deze studie raadt Cogen aan om de emissiegrenswaarden voor statische motoren met meer dan 500 bedrijfsuren te raadplegen.

Cogen geeft aan dat de technische kennis rond de operatie van WKK's het beste opgevraagd wordt bij de leden zelf. Ook voor eventuele emissiegegevens (en gegevens rond nabehandeling) worden zij best geraadpleegd.

Met betrekking tot emissiemeetgegevens geeft Cogen aan dat er zeer waarschijnlijk variatie van de emissies optreedt bij biogas-WKK's omwille van de variatie in samenstelling van het biogas. Om de emissiefactoren te baseren op metingen moeten er dus voldoende metingen uitgevoerd worden doorheen de tijd om deze variatie te kunnen vatten.

4 TOEKOMSTIGE EVOLUTIES

Ongeacht de gebruikte brandstof is er een primaire energiebesparing mogelijk via cogeneratie ten opzichte van klassieke gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte. Deze efficiëntiewinst onderstreept het belang van cogeneratie.

Cogen verwacht de volgende evoluties onder invloed van de energietransitie:

- door de toename van variabele (hernieuwbare) energieproductie zal ook het belang van flexibele assets toenemen;
- de aanvulling van wind- en PV-energie zal gebeuren door duurzame primaire energiebronnen (waaronder biogas);
- de focus op het efficiënt inzetten van deze primaire energiebronnen zal toenemen, waardoor sectorkoppeling en energiesysteemintegratie aan belang winnen.

De steun voor groene stroomproductie (€/MWh) is op dit ogenblik afhankelijk van het nuttig gebruik van de restwarmte en de vereiste om hierbij voldoende primaire energiebesparing te realiseren (kwaliteitsvolle WKK met extra steun via Warmtekrachtcertificaten). Dit nuttig gebruik van de warmte is niet steeds (ten volle) mogelijk in de nabijheid van de vergister. Momenteel is het aankopen van groen gas dat elders geproduceerd wordt niet mogelijk door het ontbreken van een juridisch kader. Hierdoor is er een daling van het WKK gebruik in de biogassector (opgesteld vermogen op basis van warmtevraag) en wordt er een stopzetting verwacht van de zuivere elektriciteitsproductie via biogasmotoren.

Door de verminderde certificatensteun (GSC = groene stroom certificaten, WKC = warmtekrachtcertificaten) en de opkomst van een nieuw verdienmodel (onder de vorm van biomethaan) wordt het opwekken van elektriciteit via biogas minder interessant.

5 ACTIEPUNTEN

Cijfers rond WKK-installaties opvragen bij VEKA. Ook in eerdere gesprekken kwam VEKA ter sprake, dus kan het interessant zijn om ook met hen een gesprek op te zetten.

Nagaan of er bepaalde cijfers opgevraagd moeten worden bij de leden van Cogen. Cogen kan hierbij faciliteren.



**BIJLAGE: VERTROUWELIJK - OVERZICHT VAN DE IMJV-EMISSIONSDATA
GERAPPORTEERD DOOR VERGISTINGSINSTALLATIES VOOR DE PERIODE VAN 2015 EN
TOT EN MET 2021**

IV

BIJLAGE: CONTROLEBEREKENING EF CH₄-EMISSION 'DEEL 1 EN 2 VAN DE CO-VERGISTINGSINSTALLATIE'

Standaard waarden (<http://www.bosy-online.de/biogas/basisdaten-biogas-fnr.pdf>)

grondstof	m³ biogas/ton grondstof	methaangehalte	m³ CH4/ton grondstof	kg CH4/ton vers
Maissilage	202	52	105,04	69
grassilage	172	54	92,88	61
rogge gps	163	52	84,76	56
voederbieten	111	51	56,61	37
bioafval	100	61	61	40
kippenmest	80	60	48	32
suikerbietensnijzel	67	72	48,24	32
varkensmest	60	60	36	24
rundermest	45	60	27	18
bierbostel	40	61	24,4	16
varkensdrijfmest	28	65	18,2	12
runderdrijfmest	25	60	15	10

Controleberekening - plantaardig

grondstof	verwerking (ton)	CH4 productie (kg/h)	totale CH4 emissie (kg/h)	% verlies t.o.v. productie	EF (kg CH4/ton grondstof)
kuilmaïs	20.000	425	14,3	3,4	6,3

Berekening obv gegevens uit de studie

Aantal gerekende uren: 8.811 uur/jaar

% terugrekening aantal uren vertrekkende van de EF: aantal uren = (verwerking x EF)/totale CH4 emissie

CH4-productie: 3.744.755 kg CH4

% aantal uren x CH4 productie

Berekening obv standaard waarden

CH4-productie: 1.380.226 kg CH4

% verwerking x standaard waarde 'kg CH4/ton grondstof'

Controleberekening - plantaardig en dierlijk

Grondstof	Percentage	Verwerking (ton)	CH4 productie (kg/h)	Totale CH4 emissie (kg/h)	% verlies t.o.v. productie	EF (kg CH4/ton grondstof)
Totaal		19.262	394	21,9	5,6	10
aardappelresten	56	10.787				
kippenmest	42	8.090				
mais	2	385				

Berekening obv gegevens uit de studie

Aantal gerekende uren 8.795 uur/jaar

% terugrekening aantal uren vertrekkende van de EF: aantal uren = (verwerking x EF)/totale CH4 emissie

CH4-productie: 3.465.401 kg CH4

% aantal uren x CH4 productie

Berekening obv standaard waarden

CH4-productie: aardappelresten 432.299 kg CH4
kippenmest 255.128 kg CH4
mais 26.586 kg CH4
Totaal 714.013 kg CH4

% verwerking x standaard waarde 'kg CH4/ton grondstof' van bioafval

% totale CH4 productie



BIJLAGE: (TECHNISCHE) TOELICHTING ROND CH₄- EN NH₃-MEETTOESTELLEN

Tabel IV.1 Technische eigenschappen van de vermelde draagbare IR-camera's

	Opgal EyeCGas 2.0 [67]	FLIR GF 320 [18]
Meetprincipe	optical gas imaging	passieve IR
Meetbare stoffen	methaan	methaan
Meetbereik	-20 - 350°C	-40 - 350°C
Onzekerheid	tussen -20 en 0°C: ± 2°C; tussen 0 en 100°C: ± 1°C; boven 100°C: ± 2 % van meetwaarde.	tussen 0 en 100°C: ±1°C; boven 100°C: ± 2 % van meetwaarde.
Detectielimiet	0,35 g CH ₄ /u (=ongeveer 0,5 L/u)	8 L/h (afhankelijk van condities); (testcondities: vrijstelling pure methaan op 3 m van detector en bij windsnelheid van 8 km/h)
ATEX gecertificeerd	Ex II 3 GD Ex ic nA nC IIC T6 Gc Ex ic tc IIIC T85°C DC	nee
Prijs	~85.000 euro	>100.000 euro

Tabel IV.2 Technische eigenschappen van de vermelde draagbare IR-lasers

	Tokyo Gas ES Laser Methane mini [68]	Boreal Gasfinder 2.1 [61, 69]	NeoMonitors LaserGas™ II OP [63]	Esders ELLI [70]
Meetprincipe	standaard IR-laser	TDLAS (Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy)	TDLAS (Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy)	TDLAS (Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy)
Meetbare stoffen	methaan	methaan en ammoniak	methaan en ammoniak	methaan
Meetbereik	1 - 50.000 ppm.m	methaan: 0 - 5.000 ppm ammoniak: 0 - 2.000 ppm.m	methaan: 0 - 50 ppm / 0 - 5% ammoniak: 0 - 50 ppm	0 - 50.000 ppm.m
Onzekerheid	tussen 100 en 1.000 ppm.m: ±10%	methaan: 0,01 ppm (bij 100 m padlengte) ammoniak: 0,02 ppm (bij 100 m padlengte)	methaan: 0,01 ppm / 0,01% ammoniak: 0,01 ppm	1 ppm.m
Detectielimiet	1 ppm.m	methaan: 0,01 ppm (bij 100 m padlengte) ammoniak: 0,02 ppm (bij 100 m padlengte)	methaan: 0,01 ppm / 0,01% ammoniak: 0,01 ppm	<100 ppm.m
ATEX gecertificeerd	II 2G Ex ib op- pr/op-is IIA T1	onbekend	ATEX zone 2: II3 G Ex nA nC [op is] IIC T4 Gb II3 D Ex tD A22 T100 °C	onbekend
Prijs	onbekend	24.950 euro	~30.000 euro	14.500 euro

Tabel IV.3 Technische eigenschappen van de vermelde draagbare gasdetectors. 'FS' staat voor full scale, hetgeen wilt zeggen dat het percentage gelijk blijft over het hele meetbereik van het toestel

	Picarro G2509 Gas Concentration Analyzer [71]	Geotech Biogas 5000 Portable Biogas Analyser [64]	Signal group S4 SOLAR XPLORE [65]	Envea AC32e CNH3 Chemiluminescence analyzer [66]
Meetprincipe	specifieke IR-sensor	specifieke IR-sensor (voor CH ₄) elektrochemische sensor (voor NH ₃)	FID-sensor	chemiluminescentie sensor
Meetbare stoffen	methaan en ammoniak	methaan en ammoniak	methaan	ammoniak
Meetbereik	methaan: 0 - 800 ppm ammoniak: 0 - 10 ppm	methaan: 0 - 100% ammoniak: 0-1.000 ppm	0 - 100.000 ppm (afhankelijk van instellingen en gekozen hardware)	0,10 - 1 ppm (afhankelijk van instellingen)
Onzekerheid	methaan: tot 0,1 ppb (afhankelijk van instellingen) ammoniak: tot 0,04 ppb (afhankelijk van instellingen)	methaan tot 70% : ±0,5% methaan boven 70% : ±1,5% ammoniak: ±10,0% FS	0,01 ppm	niet gespecificeerd
Detectielimiet	methaan: 0,5 ppm ammoniak: 0 ppm	Niet gespecificeerd	0,05 ppm	0,001 ppm
ATEX gecertificeerd	nee	II 2G Ex ib IIA T1 Gb (Ta = -10°C to +50°C)	nee	nee
Prijs	~ 150.000 euro	£ 3,608.55 excl. BTW	35.000 euro excl. BTW	19.800 euro excl. BTW

