



Deep Dive study Green Gas Platform: a roadmap for anaerobic digestion by 2050

Rapport WP 5

Sam Tessens



Biogas-E vzw

Platform voor anaerobe vergisting in Vlaanderen

Graaf Karel De Goedelaan 5, 8500 Kortrijk

Web: www.biogas-e.be

Tel: +32 (0)56 24 12 63

E-mail: info@biogas-e.be

Juni 2022

In opdracht van:



Disclaimer: Hoewel al het mogelijke is gedaan om de accuraatheid van dit document te waarborgen, kunnen noch de auteurs, noch Biogas-E aansprakelijk gesteld worden voor eventuele nadelige gevolgen bij het gebruik ervan.

INHOUD

Inhoud	i
Inleiding.....	1
Samenvatting.....	3
Methodologie	5
Selectie scenario's	6
Hypotheses Rekenmodel.....	8
Economische aannames	8
Aannames biogasproject	8
Technische aannames	9
Resultaten	10
Valorisatie biogas	10
Schaalgrootte	14
Bemestingsnormen	14
Broeikasgasreductie	17
Landbouwzones.....	19
Inputstromen.....	25
Roadmap biogas en biomethaan in Vlaanderen	28
Prioriteiten ontwikkelingstraject.....	28
Conclusie	29
Bijlage 1: Overzichtstabel scenario's	32
Bijlage 2: Kostprijs inputstromen	33
Bijlage 3: Scenario's 1- 4.....	34
Bijlage 4: Scenario's 5 – 6	35
Bijlage 5: Scenario's 7 – 8	36
Bijlage 6: Scenario's 9 – 11	37
Bijlage 7: Scenario's 12 – 14	38
Bijlage 8: Scenario's 15 – 17	39
Bijlage 9: Scenario's 18 – 20	40
Bijlage 10: Scenario's 21 – 23	41

‘Deep Dive study Green Gas Platform: a roadmap for anaerobic digestion by 2050’ is een project opgezet door het Green Gas Platform (www.greengasplatform.be), als een vervolgtraject op de studie ‘Biomethaan potentieel voor injectie in België’¹. Deze studie toonde duidelijk aan dat de biogassector in België nog sterk kan groeien ten opzichte van de huidige situatie. Met de ‘Deep Dive Study’ wil het Green Gas Platform een volgende stap zetten en onderzoeken hoe het biogaspotentieel² effectief kan ontwikkeld worden en op welke manier.

Het antwoord op deze onderzoeksvragen wordt in verschillende stadia onderzocht, om uiteindelijk te komen tot een routekaart voor vergisting in België tegen 2050 (Figuur 1).

0. Dataverzameling over de beschikbare inputstromen in België om het biogasproductiepotentieel in te schatten.
1. Afbakening van relevante landbouwzones. Gemeenten worden onderverdeeld in zones, waarbij de groepering gebeurt op basis van overeenkomstig biogaspotentieel.
2. Karakterisering van de zones. De eigenschappen van elke zone worden verder onderzocht om het meest geschikte type vergisting te identificeren.
3. Economische analyse van biogasmodellen. Een kostenanalyse wordt opgemaakt van de verschillende biogasmodellen, geïdentificeerd in stap 2, om de totale budgettering in kaart te brengen.
4. Kwantificering externaliteiten. De positieve externaliteiten van de verschillende biogasmodellen worden gekwantificeerd, om de maatschappelijke impact van het biogaspotentieel in kaart te brengen. Daarnaast wordt ook de economische meerwaarde van deze externaliteiten onderzocht.
5. Roadmap opstellen. Op basis van het potentieel, de biogasmodellen, de financiële impact en de mogelijke externaliteiten wordt een ontwikkelingstraject opgesteld voor de biogassector in België.

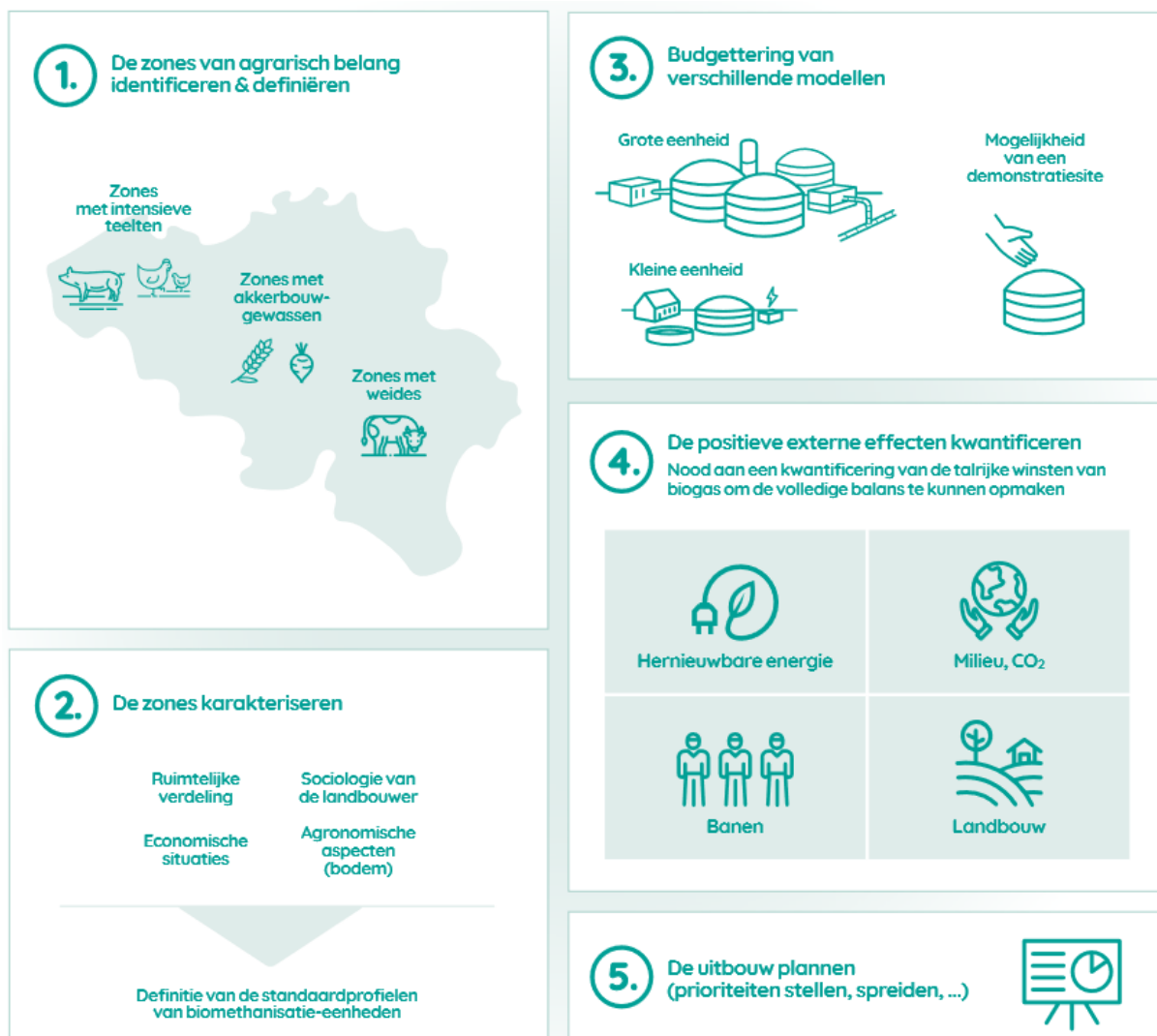
Dit rapport is het sluitstuk van de Deep Dive Study en analyseert de verschillende scenario’s voor de ontwikkeling van het biogaspotentieel in Vlaanderen. Eenzelfde rapport werd opgemaakt voor Wallonië door Valbiom³. Beide onderzoeken maakten gebruik van dezelfde methodologie. Dit rapport bouwt voort op de bevindingen van WP 0 – 4. Er wordt verondersteld dat de lezer op de hoogte is van de inhoud⁴ van deze werkpakketten, om ten gronde de scenario-analyses en de roadmap te begrijpen.

¹ ‘Biomethaan potentieel voor injectie in België, Valbiom i.o.v. Gas.be, 2019

² NOOT: Doorheen het rapport wordt er gesproken over biogasproductie en biogaspotentieel. Hiermee wordt de productie van ruw biogas uit anaerobe vergisting bedoeld, zonder een uitspraak te doen over het eindgebruik van het biogas.

³ ‘Comment développer au mieux la biométhanisation en Wallonie ? Feuille de route pour le développement raisonné de la biométhanisation en Wallonie - Rapport final de l’étude de planification - WP5, M. Schmitt, 2021

⁴ Alle rapporten zijn te vinden op de website: <https://greengasplatform.be/>



Figuur 1: Stappenplan Deep Dive Study.

SAMENVATTING

Dit rapport is het sluitstuk van de Deep Dive Study en analyseert de verschillende scenario's voor de ontwikkeling van het biogaspotentieel in Vlaanderen. Het uitgangspunt is de broeikasgasemissiereductie, ten gevolge van de productie biogas/biomethaan en de valorisatie ervan, te maximaliseren tegen een zo laag mogelijk kost. Deze *abatement cost* of kostprijs per ton vermeden CO₂ is een interessante parameter en kan eenvoudig vergeleken worden met de kostenefficiëntie van andere klimaatmaatregelen. Daarnaast wordt het zeer duidelijk welk productiepotentieel haalbaar is in functie van de bereidheid tot betalen voor een CO₂-reductie.

De emissiereductie en de productiekost van biogas varieert afhankelijk van de gebruikte feedstock, het type installatie en de eindtoepassing. Bij deze berekeningen worden ook enkele positieve externaliteiten in rekening gebracht. Dat zijn maatschappelijke voordelen die typisch nog niet of in minder mate erkend en gevaloriseerd worden, zoals lokale jobcreatie door de biogasindustrie, lagere balanceringskosten op het elektriciteitsnet dankzij biogas/biomethaan en vermeden BKG-emissies door het vergisten van afvalstromen (en niet enkel door het vervangen van fossiele brandstoffen).

In totaal werden er 23 scenario's doorgerekend waarbij het effect van de valorisatietechniek van het biogas werd nagegaan, net als de schaalgrootte, de impact van de geldende bemestingsnormen, de mogelijke emissiereducerende maatregelen, de geografische verspreiding en de gebruikte inputstromen. De resultaten van deze scenarioanalyse laten toe een aantal conclusies te trekken die waardevol zijn voor de ontwikkeling van een roadmap voor biogas en biomethaan in Vlaanderen:

- Er is een duidelijk effect van de schaalgrootte op de kost per ton vermeden CO₂. Het optimum ligt rond een capaciteit van 300.000 ton inputstromen per jaar. Bij een verdere stijging van de capaciteit zorgt het bijkomend transport voor een stijging in de kostprijs.
- Het reduceren van de methaanemissies is uitermate belangrijk en zeer kostenefficiënt. Het overdekken van de digestaatopslag en het aanvoeren van verse mest halveren de productiekost per ton vermeden CO₂.
- Het toepassen van de RENURE-criteria, en dus opgezuiverde digestaatproducten hetzelfde statuut geven als kunstmest, is voordelig voor biogasprojecten doordat meer digestaat op naburige landbouwgronden kan afgezet worden.
- Er zijn regionale verschillen voor de ontwikkeling van biogas en biomethaan in Vlaanderen. De drie relevante landbouwzones in Vlaanderen hebben een verschillende ontwikkelingskost voor nieuwe projecten. Dit effect is het gevolg van het verschil in densiteit aan beschikbare feedstock en het type feedstock in de verschillende zones.
- De samenstelling van de inputstromen is belangrijk door CO₂-voetafdruk en de kostprijs. Door enkel mest te vergisten kunnen zeer lage productiekosten per ton vermeden CO₂ bereikt worden. Uit de simulaties blijken voornamelijk energiegewassen de CO₂-prijs sterk te verhogen.

Voor de verdere ontwikkeling van de vergistingssector op een kostenefficiënte en duurzame wijze is het aangewezen om het productiepotentieel verder te realiseren in drie fasen (Tabel 1):

- Fase 1: mestvergisting met zonale focus. De vergisting van 100% mest heeft de laagste *abatement cost* met een optimum tussen 100.000 ton en 300.000 ton mest per jaar. De kostprijs varieert van €54 tot €5 per ton vermeden CO₂. Op basis van de resultaten moet er prioriteit gegeven worden aan de ontwikkeling van mestvergistingsinstallaties in zone 5, vanwege de lagere productiekost t.o.v. de andere zones.

- Fase 2: uitbouw vergisting met beschikbaar potentieel, exclusief energiegewassen. Om de productiecapaciteit in een tweede fase uit te breiden, moet de covergisting van mest met de beschikbare biologische afvalstromen verder uitgebouwd worden. De gemiddelde kostprijs varieert van €419 tot €62 per ton vermeden CO₂. Een optimum wordt bereikt rond een verwerkingscapaciteit van 400.000 ton afvalstromen per jaar.
- Fase 3: vergisting van energiegewassen. In een laatste fase kan de productiecapaciteit uitgebreid worden met de vergisting van energie- en tussengewassen. Het gebruik van deze inputstromen resulteert in een hoge kost om CO₂ te besparen. Bij een capaciteit van 200.000 ton per jaar, is de CO₂-kost nog altijd hoger dan €500/ton. Het covergisten van energiegewassen is het minst kosten-efficiënte scenario voor het reduceren van de CO₂-uitstoot en heeft daarom de laagste prioriteit.

Tabel 1: Productiekost per ton vermeden CO₂ (€/ton CO₂) voor de verschillende fasen.

Verwerkingscapaciteit (ton VM/j.)		100.000	200.000	300.000	400.000
Fase 1	Zone 5	7	5	7	9
	Zone 3	52	45	42	41
	Zone 4	49	50	54	58
Fase 2	Vlaanderen	88	71	64	62
Fase 3	Vlaanderen	567	565	-	-

Uit de scenarioanalyse blijkt dat quasi het volledige potentieel kan gerealiseerd worden voor een kost van minder dan €65/ton CO₂ (onder RENURE-criteria)⁵. In totaal levert dit een CO₂-besparing op van 1,8 Mton CO₂, of 2,44% van de CO₂,eq-uitstoot van Vlaanderen in 2019 (ETS en niet-ETS, pre-corona). Hiervoor is een investering vereist van 91 miljoen euro. Indien het volledige potentieel wordt benut, dus inclusief energiegewassen, bedraagt de totale CO₂-besparing 1,98 Mton en de investering 163 miljoen euro. Hierdoor zou 2,61% van de CO₂-uitstoot van Vlaanderen vermeden worden (Tabel 2).

Tabel 2: Totale kostprijs en BKG-emissiereductie van het biogaspotentieel in Vlaanderen.

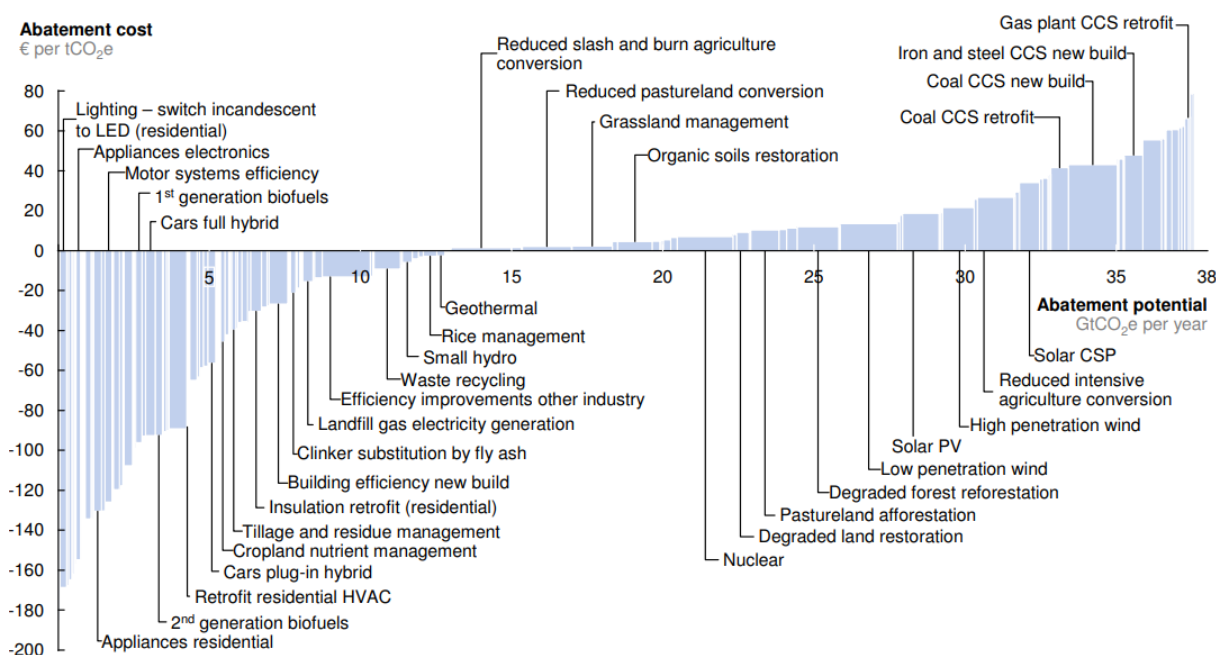
		Schaalgrootte (ton VM/j.)	Aantal installaties	Potentiële netto energieproductie (GWhbv/j.)	BKG-balans (ton CO ₂ ,eq/j.)	Kost per vermeden ton CO ₂ (€/ton CO ₂ ,eq)	Totale kost (106€/j.)
FASE 1: mest met zonale focus	zone 5	200 000	2	120	-66 641	5	0,3
	zone 3	200 000	48	2 098	-1 216 959	45	54,8
	zone 4	100 000	2	42	-20 825	49	1,0
FASE 2: alle inputstromen excl. energie- en tussengewassen		300 000	14	2 601	-544 329	64	34,8
FASE 3: energiegewassen		200 000	7	1 041	-127 450	565	72,0
TOTAAL				5 902	-1 976 203		163,0

⁵ Ter vergelijking: de gemiddelde ETS CO₂-prijs bedroeg 59 €/ton CO₂ in 2021.

METHODOLOGIE

Om de impact en de effecten van de globale klimaatopwarming tot een minimum te reduceren is een drastische daling van de uitstoot van broeikasgassen (BKG) nodig. Het doel is efficiënte oplossingen te vinden om de wereldwijde uitstoot te verminderen tegen een sociaal acceptabele kostprijs. Daarom is de kost per ton vermeden CO_{2,eq} een belangrijke parameter om verschillende oplossingen te evalueren.

Deze zogenaamde 'abatement cost' wordt reeds gebruikt in verschillende studies om technologieën die leiden tot een CO₂-reductie met elkaar te vergelijken. Onderstaande figuur komt bijvoorbeeld uit de studie van McKinsey 'Greenhouse gas abatement cost curves'⁶, en vergelijkt het potentieel en de kostprijs van mogelijke klimaatmaatregelen.



Note: The curve presents an estimate of the maximum potential of all technical GHG abatement measures below €80 per tCO₂e if each lever was pursued aggressively. It is not a forecast of what role different abatement measures and technologies will play.
Source: Global GHG Abatement Cost Curve v2.1

Figuur 2: Potentieel en kostprijs per ton vermeden CO_{2,eq} voor elke technologie.

Het is interessant om dezelfde oefening te doen voor biogas in Vlaanderen. Het bepalen van dergelijke CO₂-kost in functie van het gerealiseerde productiepotentieel kan als leidraad dienen voor de verdere ontwikkeling van de biogassector en de basis vormen voor beleidsvisies. De resultaten kunnen immers eenvoudig vergeleken worden met andere technologieën. Daarnaast wordt het zeer duidelijk welk productiepotentieel haalbaar is in functie van de bereidheid tot betalen voor een CO₂-reductie.

Afhankelijk van de gebruikte feedstocks, het type installatie en de eindtoepassing zal de emissiereductie en de productiekost van biogas variëren. Bij deze berekeningen wordt er niet enkel rekening gehouden met de productie van hernieuwbare energie (en dus de vervanging van fossiele brandstoffen), maar ook verschillende andere externaliteiten. Deze werden onderzocht door Climact

⁶ Pathways to a low-carbon economy: Version 2 of the global greenhouse gas abatement cost curve, McKinsey, 2013.

in het rapport: WP4 – Externalities – Final report. De financiële impact van volgende externaliteiten werd in detail onderzocht:

1. Lokale jobcreatie door de biogasindustrie
2. Lagere balanceringskosten op het elektriciteitsnet dankzij biogas/biomethaan⁷
3. Vermeden BKG-emissies door het vergisten van afvalstromen

De belangrijkste resultaten, relevant voor dit rapport, worden hieronder opgesomd.

- De toegevoegde waarde van een voltijdse tewerkstelling is 36.787 €/jaar. Voor een installatie die jaarlijks 50.000 MWh injecteert en daarbij werk biedt aan 5 VTE's, komt dit neer op een externaliteit met een waarde van 3,86 €/MWh.
- Eén MWh geproduceerd uit biogas, onder de vorm van elektriciteit of gas, levert een besparing op van 25 €/MWh door de ontlasting van het elektriciteitsnet.

In deze studie wordt voor verschillende scenario's de kost per ton vermeden CO₂ berekend, voortbouwend op de resultaten uit WP2 (productiepotentieel biomethaan), WP3 (productiekost biomethaan), en WP4 (externaliteiten anaerobe vergisting). De kost per ton vermeden CO₂ is het deficit van de productiekost na aftrek van de verschillende externaliteiten, rekening houdend met de emissies en reducties in BKG ten gevolge van vergisting (Figuur 3).



Figuur 3: Productiekost biogas/biomethaan in afweging met de verschillende externaliteiten.

SELECTIE SCENARIO'S

Verschiedende scenario's worden geëvalueerd om het effect op de prijs per ton vermeden CO₂ te bepalen. Per scenario kunnen verschillende parameters aangepast worden om de invloed op de CO₂-prijs te stimuleren. De scenario's worden geoptimaliseerd naar zowel productiepotentieel als naar CO₂-kost.

De volgende afkortingen worden gebruikt om de verschillende scenario's te benoemen:

- 'VL': regio Vlaanderen of 'Z3', 'Z4', 'Z5' waarmee de verschillende relevante landbouwzones worden afgebakend (zie WP2).
- Type inputstromen:

⁷ Determining the impact of renewable energy on balancing costs, back up costs, grid costs and subsidies, E. Delarue et al., 2016

- 'ALL': alle types inputstromen worden in rekening gebracht, pro rata verdeeld volgens het geïdentificeerde potentieel (zie WPO).
- 'MANURE': enkel meststromen (runderen, varkens en pluimvee) worden in rekening gebracht als inputstroom, pro rata verdeeld volgens het geïdentificeerde potentieel (zie WPO).
- 'ALL EXCL. IC and EC': alle types inputstromen, met uitzondering van tussengewassen voor energieproductie (*intermediate crops* - IC) en energiegewassen (*energy crops* - EC), worden in rekening gebracht, pro rata verdeeld volgens het geïdentificeerde potentieel.
- 'IC and EC': enkel energie- en tussengewassen worden als inputstroom in rekening gebracht.
- Type valorisatie van het biogas
 - 'INJECT': opwerking van het biogas en injectie van het biomethaan in het gasnet. Hierbij wordt er rekening gehouden met basis energiebehoefte om de installatie te laten functioneren. Deze energievraag wordt ingevuld door een kleine WKK op ruw biogas. De eindtoepassing van het biomethaan wordt niet verder onderzocht. De studie van Climact (WP4) onderzoekt wel de CO₂-impact van verschillende eindtoepassingen van biomethaan: warmte, elektriciteit of biobrandstof.
 - 'CHP': valorisatie van het biogas in een biogas-WKK, waarbij het percentage van de netto warmte die nuttig wordt aangewend, kan variëren met drie niveaus: 0%, 50% of 100%.
- Duurtijd opslag mest voor verwerking in de biogasinstallatie
 - '0d': 0 dagen voor stallen met dagverse mestcollectie via bijvoorbeeld een volle vloer met mestschuif/mestrobot.
 - '45d': 45 dagen bij traditionele stallen (met roostervloer).
- Bemestingsnormen:
 - 'CURRENT': de afzetmogelijkheden van digestaat op gemeenteniveau worden berekend volgens de huidige bemestingsnormen. De referentiesituatie is covergisting met mest, waardoor al het digestaat het statuut dierlijke mest heeft. Een overzicht van de gevolgde bemestingsnormen is terug te vinden in het rapport van WP 0 – 2.
 - 'OPTIMIZED': in dit scenario wordt er uitgegaan van een geoptimaliseerde afzet van de stikstof in digestaat. Hiermee wordt het effect van de RENURE-criteria⁸ gesimuleerd. Deze RENURE-producten hebben dezelfde werkingsefficiëntie als kunstmest, na een doorgedreven scheidings- verwerkingsproces van het ruwe digestaat. Er wordt geen rekening meer gehouden met de beperking van de Nitraatrichtlijn (170kg N/ha/j.) en de werkingsefficiëntie wordt opgetrokken tot 100%. Daarnaast worden de bemestingswaarden (N en P) van oogstresten uit de landbouw buiten beschouwing gelaten. Vandaag worden deze stromen immers ook uit de mestbalans gehouden doordat ze ondergeploegd worden en het veld niet verlaten.
- Digestaatopslag:

⁸ "RENURE": any nitrogen containing substance fully or partially derived from livestock manure through processing under controlled conditions that can be used in areas with water pollution by nitrogen following the same provisions applied to nitrogen containing chemical fertilisers as defined in the Nitrates Directive (91/676/EEC), while providing adequate agronomic benefits to enhance plant growth. Vandaag worden er reeds verschillende digestaatproducten geproduceerd in Vlaanderen die voldoen aan de RENURE-criteria: ammoniumzouten, mineralenconcentraten en de dunne fractie van digestaat na doorgedreven scheiding.

- 'COVERED' betekent dat de digestaatopslag voorzien is van een dekzeil om te vermijden dat er methaanemissies ontsnappen uit het opslagbekken.
- 'NOT COVERED' gaat uit van een digestaatopslag zonder dekzeil. In de regel hebben alle biogasinstallaties een overkapte digestaatopslag.

Daarnaast wordt de kostprijs per ton vermeden CO₂ over een range van productiecapaciteiten berekend, om het effect van schaalgrootte te simuleren op de kostenefficiëntie. In Vlaanderen zijn er immers installaties op boerderijschaal met een beperkt productie van <5 m³/h, tot grootschalige agro-industriële vergisters met een productie van bijna 2000 m³ CH₄/h. Hoe groter de installaties worden, hoe lager de investeringskosten en operationele kosten voor de productie van biogas of biomethaan. Daarentegen stijgen de transportkosten bij grotere installaties omdat de gebruikte inputstromen van steeds verder worden aangevoerd.

Er werden in totaal 23 scenario's gesimuleerd waarbij de parameterwaarden werden gevarieerd om de onderlinge effecten op de kost per ton vermeden CO₂ te onderzoeken, waarbij er natuurlijk wordt geoptimaliseerd naar de laagst mogelijke prijs. Een overzicht van de scenario's is terug te vinden in Bijlage 1: Overzichtstabel scenario's.

HYPOTHESES REKENMODEL

Het rekenmodel dat de verschillende scenario's doorrekent, is opgesteld door Valbiom en start vanuit een aantal basishypotheses. De belangrijkste parameters, om de resultaten van deze studie correct te interpreteren, worden overlopen in dit hoofdstuk. Het rekenmodel berekent de kostprijs voor de productie van biogas of biomethaan uitgedrukt per ton vermeden CO₂. Het model start van de beschikbare biomassa en het biogaspotentieel zoals bepaald in WP 0. Rekening houdend met de transportkosten, de OPEX en CAPEX wordt een productiekost bepaald die verminderd wordt met de inkomsten uit de externaliteiten zoals bepaald in WP4. Het resterende prijsverschil is de werkelijke kostprijs uitgedrukt per ton vermeden CO₂.

ECONOMISCHE AANNAMES

- Interne-opbrengstvoet 8%
- Inflatie: 2%
- Er wordt geen rekening gehouden met eventuele subsidies bij de berekening van de productiekost of de kostprijs per vermeden ton CO₂
- Er wordt geen rekening gehouden met de waarde van de garantie van oorsprong voor groene elektriciteit, gas of warmte.
- Afschrijftermijn: 20 jaar
- Kostprijs digestaatverwerking inclusief scheidingsstap, (de)nitrificatie dunne fractie en export dikke fractie
 - Dikke fractie: 7 5326,21 €/ton P
 - Dunne fractie 1 759,38 €/ton N
- (fossiele) Gasprijs: 19€/MWh
- Kostprijs inputstromen: zie Bijlage 2: Kostprijs inputstromen

AANNAMES BIOGASPROJECT

- Er wordt verondersteld dat de aanvoer van beschikbare inputstromen 100%, m.a.w. dat het geïdentificeerde potentieel automatisch naar vergisting gaat. Indien het aandeel lager ligt dan 100%, resulteert dit in een grotere transportafstand om tot voldoende inputstromen te

komen. Vermits deze studie tot doel heeft een roadmap op te stellen voor het totale beschikbare potentieel, wordt een aanvoer van 100% verondersteld.

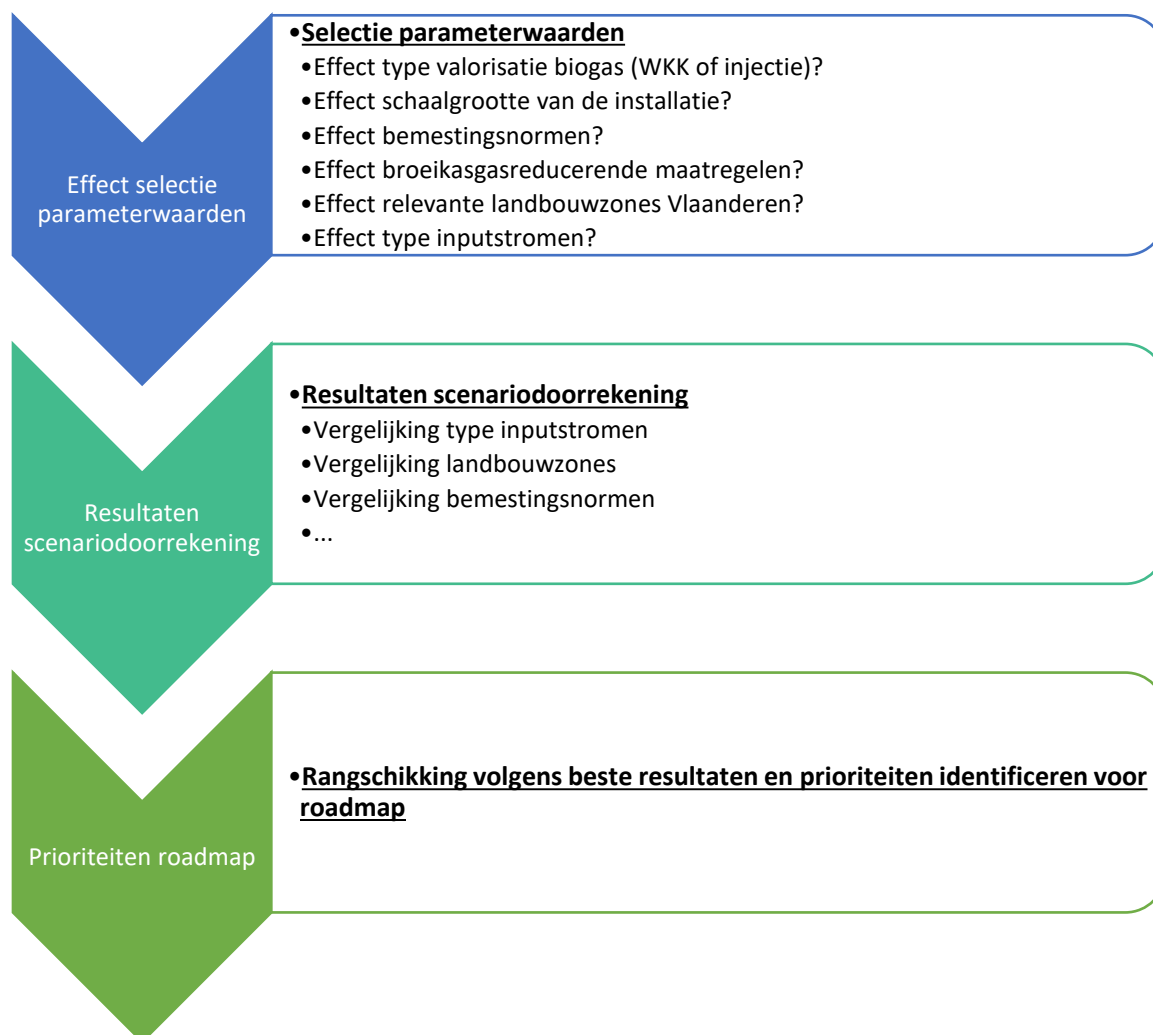
- De afzet van digestaat heeft voorrang op andere meststoffen zoals compost of kunstmest. Het toegestane bemestingsvolume per areaal wordt opgevuld met de beschikbare fractie niet-vergiste mest en daarna met het beschikbare digestaat.
- De transportafstand wordt bepaald door de 'densiteit' van elk type inputstroom per zone (bijv. ton mest/km²). Afhankelijk van de capaciteit van de vergister, zal de benodigde oppervlakte om tot de gevraagde hoeveelheid input te komen, variëren. De transportafstand is de radius van het oppervlakte, met een marge van +25% om de extra afstand ten gevolge van wegen te simuleren.

TECHNISCHE AANNAMES

- De vereiste energievoorziening voor het uitbaten van de biogas- en biomethaaninstallatie wordt ingevuld door een biogas-WKK op de site. Deze configuratie heeft de laagste CO₂-impact en is bovendien kostenefficiënt.
- De digestaatopslag is overdekt om methaanemissies uit het opslagbekken te vermijden. Dit is de standaard bij biogasinstallaties in Vlaanderen. In bepaalde scenario's wordt evenwel het effect van een onoverdekte digestaatopslag gesimuleerd.
- Biogasinstallaties hebben vaak diffuse methaanemissies via slechte dichtingen of kleine scheurtjes. Hoewel deze beperkt zijn, kunnen ze een grote impact hebben op de BKG-besparing. Methaan is 25 keer schadelijker als broeikasgas dan CO₂, daarom is het belangrijk deze uitstoot zo veel mogelijk te beperken. In deze simulaties wordt er gerekend met een diffuse emissie van 1,5% van het geproduceerde methaan. Indien er een opwerking gebeurt van het biogas tot biomethaan wordt een bijkomende methaanslip verondersteld van 1%.

RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de parameterwaarden geïdentificeerd, die een significant effect hebben op de uiteindelijke CO₂-prijs. Door het variëren van de parameterwaarden, terug te vinden onder 'Selectie scenario's', komen verschillende scenario's tot stand. Op basis van deze resultaten kan een roadmap opgesteld worden, die prioriteiten in de ontwikkeling van het biogaspotentieel vastlegt.



VALORISATIE BIOGAS

Biogas wordt vandaag in Vlaanderen hoofdzakelijk gevaloriseerd in een WKK nabij de biogasinstallatie. Uit de simulaties blijkt dit ook de meest kostenefficiënte valorisatietechniek te zijn op voorwaarde dat de geproduceerde warmte volledig nuttig wordt benut.

Op Figuur 4 zijn de resultaten te zien voor heel Vlaanderen, op basis van het bestaande productiepotentieel, maar onder de huidige bemestingsnormen. Het percentage nuttige warmtegebruik van de WKK varieert tussen 0% en 100%, naast een scenario met 100% injectie. De schaalgrootte varieert van 2.000 ton vers materiaal (VM) inputstromen per jaar tot en met 400.000 ton.

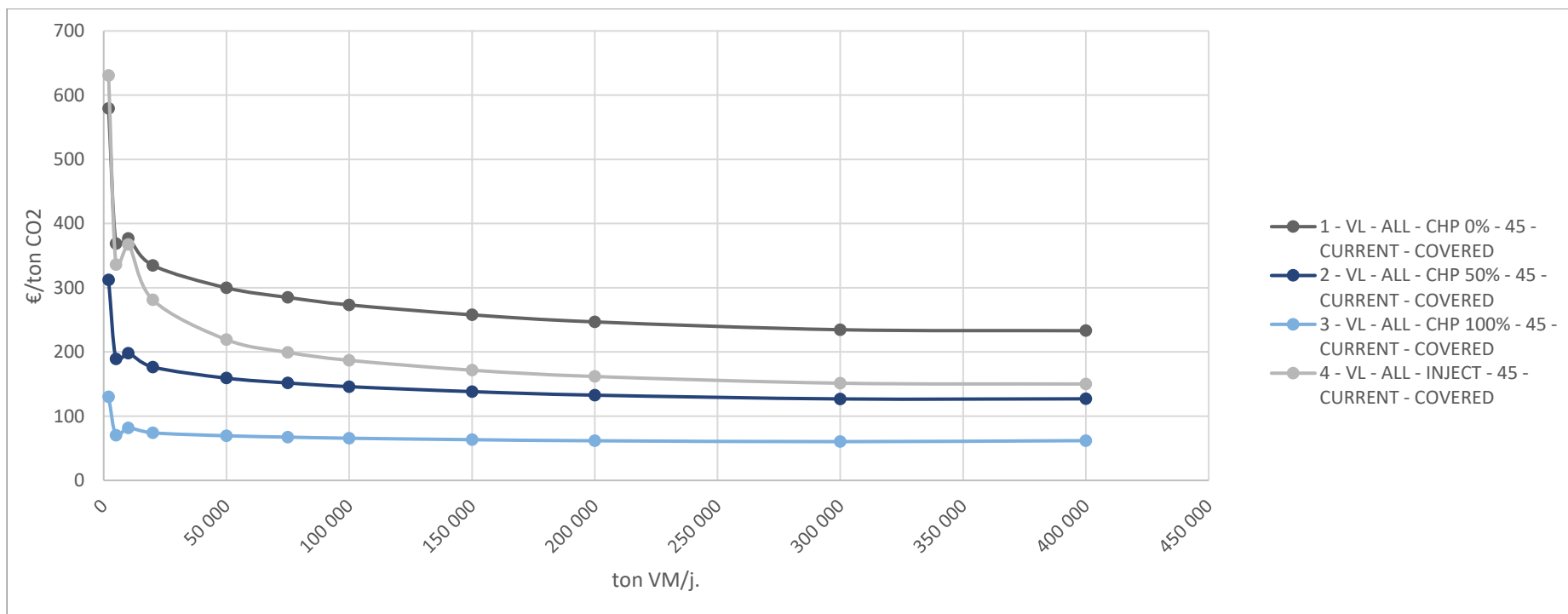
De voornaamste conclusies zijn:

- Een biogas-WKK met 100% warmtebenutting is de meest kostenefficiënte oplossing voor de besparing van CO₂, ten opzicht van de injectie van biomethaan.
- Het percentage nuttige warmtegebruik is doorslaggevend voor de kostenefficiëntie van een biogas-WKK. Vanaf er slechts 50% nuttige warmtebenutting is, wordt de kostprijs voor injectie en WKK gelijkaardig.
- De schaalgrootte heeft een groot effect op de kostprijs per ton vermeden CO₂. In het bijzonder voor de productie en injectie van biomethaan. Bij kleine gasvolumes is de investeringskost voor een biomethaanopwerkingsinstallatie relatief hoog. Ervaringen uit de buurlanden leren dat nieuwe biomethaanprojecten vaak zeer grootschalig zijn, net vanwege het sterke effect van schaalgrootte op de productiekost.
- De kostprijs per ton vermeden CO₂ voor een installatie van 100.000 ton met WKK en 100% warmtebenutting (typische agro-industriële vergister in Vlaanderen) bedraagt 66 euro. De gemiddelde EU-ETS prijs voor 2021 was 59 €/ton CO₂. De financiële kost voor een CO₂-certificaat was dus maar een fractie goedkoper dan te investeren in de productie van biogas.

Belangrijke opmerkingen hierbij zijn:

- Er wordt geen rekening gehouden met de kostprijs voor de valorisatie van de warmte afkomstig van de WKK. De hoogte van deze investering zal sterk afhangen van de warmtetoepassing.
- De kwaliteit van het nuttig warmtegebruik wordt niet in beschouwing genomen. Ook daar kan er onderscheid gemaakt worden, waarbij industriële warmtetoepassingen bijvoorbeeld waardevoller worden ingeschat dan een residentiële warmtetoepassing. Bij projectontwikkeling kan de 'waarde' van de warmtetoepassing een bijkomend argument zijn in de keuze tussen biogas-WKK of injectie.
- Er wordt abstractie gemaakt van de *willingness-to-pay* van marktpartijen voor groene warmte of groen gas. De waarde van een garantie van oorsprong voor groen gas of groene warmte wordt niet meegenomen in de economische berekening.

In theorie is de meest efficiënte toepassing van biogas de valorisatie in een WKK. De opmerkingen hierboven tonen echter duidelijk aan dat deze conclusie sterk kan verschillen wanneer er gekeken wordt op projectniveau.



Figuur 4: Productiekost per ton vermeden CO2 (€/ton CO2) voor verschillende valorisatietechnieken biogas.

Tabel 3: Productiekost per ton vermeden CO2 (€/ton CO2) voor verschillende valorisatietechnieken biogas.

Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	45	111	223	445	1113	1669	2225	3338	4450	6675	8900
1 - VL - ALL - CHP 0% - 45 - CURRENT - COVERED	579	369	377	335	300	285	273	258	247	235	233

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	45	111	223	445	1113	1669	2225	3338	4450	6675	8900
2 - VL - ALL - CHP 50% - 45 - CURRENT - COVERED	312	189	198	177	159	152	146	138	133	127	127

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	45	111	223	445	1113	1669	2225	3338	4450	6675	8900
3 - VL - ALL - CHP 100% - 45 - CURRENT - COVERED	130	70	82	74	70	67	66	63	62	60	62

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	8	19	39	77	193	289	386	579	772	1157	1543
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	9	22	43	86	216	324	432	648	865	1297	1729
4 - VL - ALL - INJECT - 45 - CURRENT - COVERED	631	336	367	281	219	199	187	172	162	151	150

SCHAALGROOTTE

De schaalgrootte van de installatie wordt gesimuleerd op basis van de verwerkingscapaciteit aan vers (input)materiaal op jaarbasis. Daarbij varieert de verwerkingscapaciteit 2.000 ton, wat we vandaag zien bij kleinschalige projecten op landbouwbedrijven, tot 400.000 ton. In Vlaanderen ligt de maximale verwerkingscapaciteit van biogasinstallaties rond 200.000 ton per jaar. In omliggende landen zoals Denemarken en Nederland worden de laatste jaren echter zeer grootschalige projecten gerealiseerd, met verwerkingscapaciteiten van 500.000 tot 800.000 ton per jaar⁹. Bovendien blijkt uit de resultaten van de potentieelstudie¹⁰ dat sommige gemeenten een beschikbare hoeveelheid biomassa hebben op hun grondgebied van ca. 350.000 ton. Daarom werd de range voor de verwerkingscapaciteiten in de simulaties opgetrokken tot 400.000 ton vers materiaal per jaar.

Op Figuur 4 is duidelijk te zien dat de CO₂-prijs sterk afneemt met de schaalgrootte van de installatie. Vanaf een capaciteit van 100.000 ton wordt de curve vlakker en de prijsdaling minder uitgesproken. Opmerkelijk bij zeer hoge tonnages stijgt de CO₂-kost opnieuw, doordat de transportkost van de benodigde inputstromen niet meer gecompenseerd wordt door de kostenbesparing van de schaalgrootte. Het optimum, op basis van kostenefficiëntie, ligt dus rond 300.000 ton input per jaar.

Belangrijk om op te merken is dat het model geen rekening houdt met de economische en maatschappelijke uitdagingen om dergelijk groot project te realiseren. Het model gaat uit van een participatiegraad van 100% zowel bij de producenten van biomassa (landbouwers, voedingsbedrijven, intercommunales e.d.), alsook bij de landbouwers voor de afzet van het digestaat op hun landbouwgrond.

Opmerkelijk is ook het suboptimum tussen 5.000 en 10.000 ton. Dat is een bedrijfsklasse die momenteel in Vlaanderen nagenoeg onbestaande is. De ecologische en economische impact van het transport is zeer beperkt ten opzicht van de CO₂-besparing die wordt bereikt door het biogasproject. Dit suboptimum is het meest uitgesproken in zone 3, vanwege de hoge densiteit aan beschikbare mest (Bijlage 8: Scenario's 15 – 17). Vanwege het beperkte biogaspotentieel kan mest niet te ver getransporteerd worden om nog een positieve energiebalans te hebben. Op kleine schaal is dit geen obstakel, waardoor de CO₂-winst van mest, sterker doorweegt op het eindtotaal.

BEMESTINGSNORMEN

Digestaat is een waardevol eindproduct van anaerobe vergisting, naast de productie van biogas. Het is rijk aan nutriënten (N, P, K), koolstof en water, waardoor het een perfecte meststof is voor landbouwgewassen. De afzet van digestaat op landbouwgrond is echter streng gereguleerd in Vlaanderen vanwege de hoge mestdruk. Vlaanderen produceert immers meer dierlijke meststoffen dan er kunnen afgezet worden op de landbouwgrond.

Een beperking op de afzet van digestaat kan een rem zijn op de ontwikkeling van het biogaspotentieel. Indien er onvoldoende landbouwgrond is voor de afzet van digestaat zijn er twee opties:

- Minder grondstoffen verwerken en dus minder digestaat produceren, waardoor niet het volledige productiepotentieel wordt benut.

⁹ Maabjerg Biogas Plant, 800.000 ton biomassa per jaar, waarvan 500.000 ton afkomstig is binnen een straal van 20km van de biogasinstallatie (https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/01/maabjerg_case_story_web_final-1.pdf)

¹⁰ Deep Dive Study Green Gas Platform: a roadmap for anaerobic digestion by 2050 – Rapport WP 0 – 2 (https://www.biogas-e.be/sites/default/files/2021-05/DDS_WP0-2_final%20report.pdf)

- Digestaat verwerken of transporteren naar gebieden waar wel nog afzetruimte is. Deze operaties hebben natuurlijk een economische impact op de biogasinstallatie.

Uit de voorafgaande potentieelstudie¹¹ blijkt duidelijk dat er onvoldoende afzetruimte is (binnen de gemeentegrenzen) voor het digestaat indien alle beschikbare biomassastromen worden gevaloriseerd. In deze scenarioanalyse wordt daarom een verwerkingskost (€) in rekening gebracht voor het digestaat dat niet kan afgezet worden binnen de gemeentegrenzen. Deze situatie wordt aangeduid met 'CURRENT'. In een reële situatie is de afzet van digestaat niet beperkt tot de gemeentegrenzen, en kan beschouwd worden als een beperking van het model.

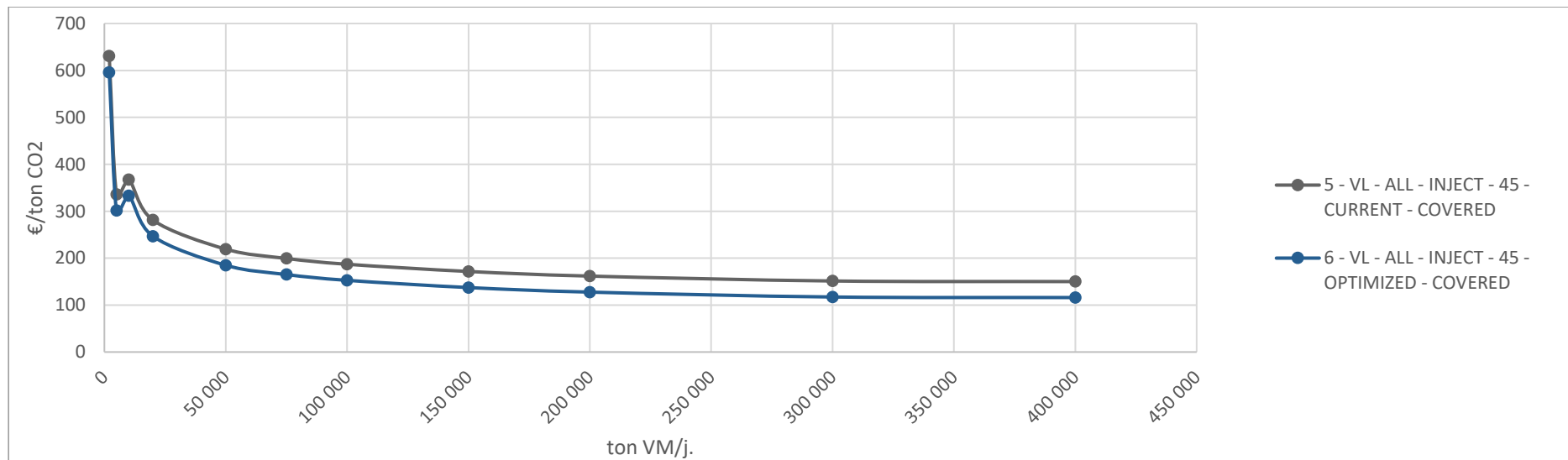
In Vlaanderen zijn de bemestingsnormen voor kunstmest hoger dan voor dierlijke mestproducten. Indien digestaat kan afgezet worden volgens de bemestingsnormen van kunstmest, neemt de afzetruimte voor digestaatproducten in Vlaanderen sterk toe. Door opzuiveringstechnieken toe te passen op het digestaat kunnen bemestingsefficiënties behaald worden die gelijkaardig zijn aan die van kunstmest. Voorlopig wordt de extra afzet van digestaatproducten (met statuut dierlijke) mest verhindert door de Nitraatrichtlijn, die een beperking oplegt van 170 kg dierlijke N/ha/j.

Europa wil echter evolueren richting een meer circulaire samenleving en weg van fossiele grondstoffen. De landbouw is zeer afhankelijk van deze fossiele grondstoffen, voornamelijk door het gebruik van kunstmest. Daarom gelooft Europa sterk in biogebaseerde mestproducten die (dierlijke) nutriënten recupereren. Ondertussen worden de eerste stappen gezet om dergelijke meststoffen een apart statuut (RENURE) toe te kennen zodat ze vrijgesteld worden van de beperkingen onder de Nitraatrichtlijn.

In het 'OPTIMIZED' scenario wordt daarom het effect van de RENURE-criteria gesimuleerd. Er wordt gerekend met de bemestingsnormen van kunstmest voor de afzet van digestaat en de werkingsefficiëntie voor stikstof wordt opgetrokken tot 100%.

Figuur 5 toont duidelijk aan dat het 'OPTIMIZED' scenario een kostenbesparend effect heeft. Dit is een direct gevolg van de grotere afzetruimte per gemeente voor de digestaatproducten. De gemiddelde besparing is 34 €/ton CO₂. De aanpassing van de Vlaamse wetgeving door de erkenning van RENURE-producten zou een grote kostenvermindering opleveren voor biogasprojecten.

¹¹ Meer info over de afzetruimte van digestaat in Vlaanderen: Deep Dive Study Green Gas Platform: a roadmap for anaerobic digestion by 2050 – Rapport WP 0 – 2 (https://www.biogas-e.be/sites/default/files/2021-05/DDS_WP0-2_final%20report.pdf)



Figuur 5: Productiekost per ton vermeden CO2 (€/ton CO2) bij huidige en geoptimaliseerde bemestingsnormen.

Tabel 4: Productiekost per ton vermeden CO2 (€/ton CO2) bij huidige en geoptimaliseerde bemestingsnormen.

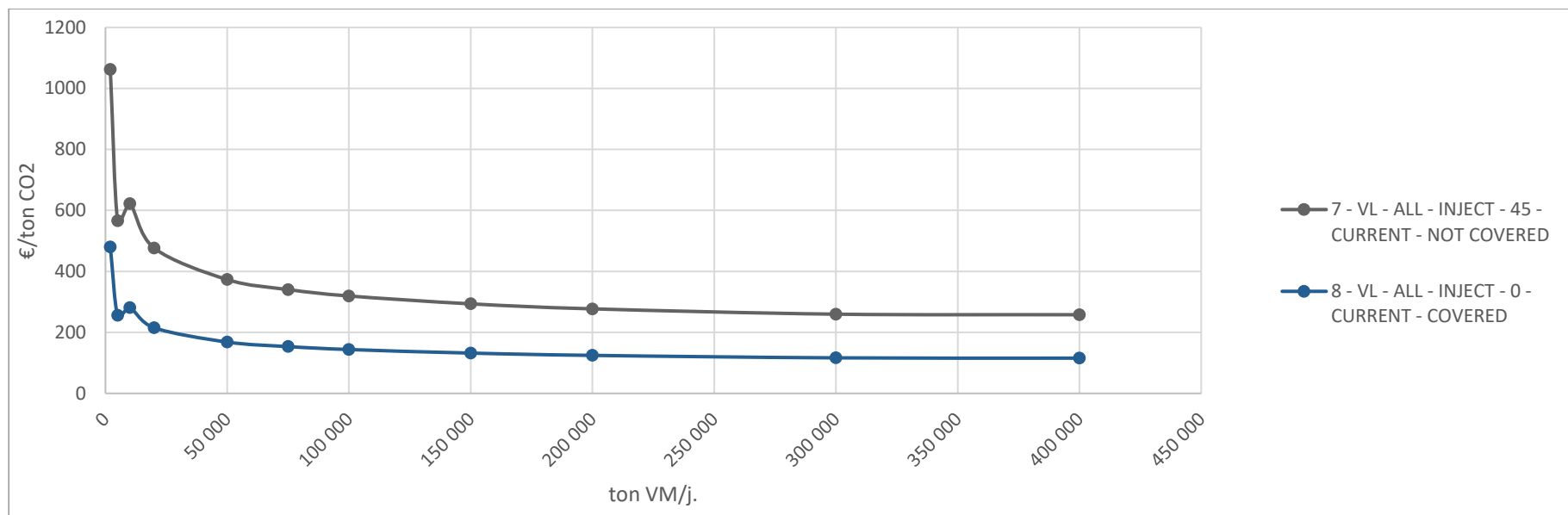
Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	8	19	39	77	193	289	386	579	772	1157	1543
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	9	22	43	86	216	324	432	648	865	1297	1729
5 - VL - ALL - INJECT - 45 - CURRENT - COVERED	631	336	367	281	219	199	187	172	162	151	150

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	8	19	39	77	193	289	386	579	772	1157	1543
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	9	22	43	86	216	324	432	648	865	1297	1729
6 - VL - ALL - INJECT - 45 - OPTIMIZED - COVERED	596	301	333	247	185	165	153	137	128	117	116

BROEIKASGASREDUCTIE

De productie van biogas levert een sterke besparing aan broeikasgasemissies omdat het als hernieuwbare energiebron fossiele bronnen vervangt, maar ook emissies vermijdt bij de natuurlijke afbraak van restproducten. Tegelijk moet er aandacht besteed worden aan de emissies die vrijkomen bij de productie van biogas. Methaan, de hoofdcomponent van biogas, heeft immers een hoog aardopwarmingsvermogen (*Eng.: global warming potential*), 25 keer erger dan CO₂.

Om het belang van emissiecontrole te onderzoeken, werden twee scenario's uitgewerkt voor Vlaanderen, één met emissiecontrole (overdekte digestaatopslag en dagverse mest) en één met beperkte emissiecontrole (onoverdekte digestaatopslag en mestopslag van 45 dagen). Bij het scenario met emissiecontrole ligt de kostprijs per ton vermeden CO₂ meer dan dubbel zo laag dan bij een beperkte emissiecontrole (Figuur 6). Emissiereducerende maatregelen hebben een belangrijk effect op de broeikasgasbalans van een biogasinstallatie en de uiteindelijke vermeden CO₂-kost.



Figuur 6: Productiekost per ton vermeden CO2 (€/ton CO2) in functie van emissiereducerende maatregelen.

Tabel 5: Productiekost per ton vermeden CO2 (€/ton CO2) in functie van emissiereducerende maatregelen.

Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	8	19	39	77	193	289	386	579	772	1157	1543
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	9	22	43	86	216	324	432	648	865	1297	1729
7 - VL - ALL - INJECT - 45 - CURRENT - NOT COVERED	1062	566	622	476	373	340	319	294	277	260	258

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	8	19	39	77	193	289	386	579	772	1157	1543
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	9	22	43	86	216	324	432	648	865	1297	1729
8 - VL - ALL - INJECT - 0 - CURRENT - COVERED	480	256	281	215	168	153	144	132	124	116	115

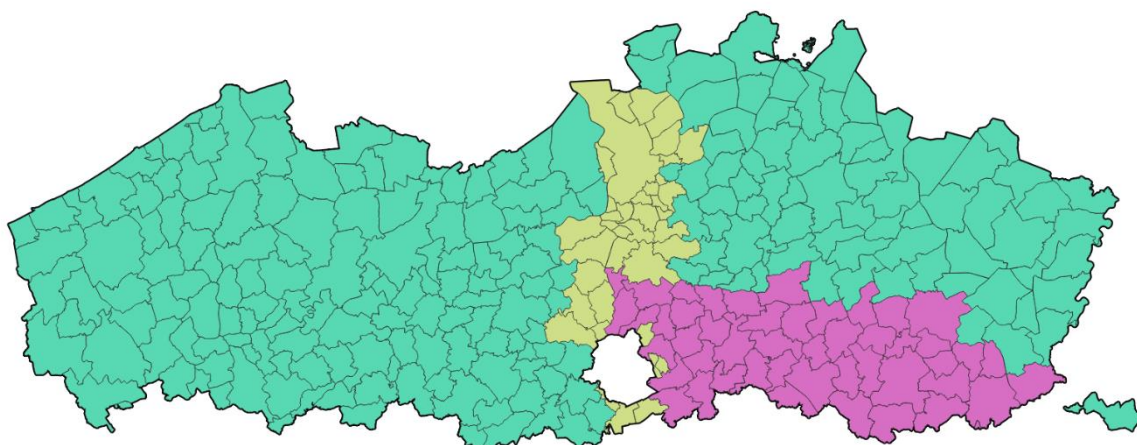
LANDBOUWZONES

Vlaanderen kan opgedeeld worden in drie landbouwzones op basis van criteria relevant voor de ontwikkeling van biogas/biomethaanprojecten¹²:

Zone 3: Deze zone groepeerst sterk de agrarische regio's in Vlaanderen met een hoog aandeel landbouwbedrijven, veeteelt en landbouwareaal. Het productiepotentieel per km² is dan ook hoog.

Zone 4: Deze zone wordt gekenmerkt door een laag landbouwareaal. Het gaat om sterk verstedelijkte gebieden. Geen enkele van de types inputstromen is dominant.

Zone 5: Deze zone is agrarisch iets minder sterk ontwikkeld dan zone 3. Zone 5 wordt gekenmerkt door een groot potentieel afkomstig van tussengewassen voor energieproductie en oogstresten.



Figuur 7: Onderverdeling typologieën in drie zones: zone 3 (blauwgroen), zone 4 (lichtgroen) en zone 5 (roze).

Het is interessant om het verschil in productiekost, uitgedrukt in euro per ton vermeden CO₂ te berekenen per regio en voor de verschillende schaalgroottes. Dit kan helpen om bepaalde *hotspot*-regio's in Vlaanderen te identificeren die uitermate geschikt zijn voor de ontwikkeling van nieuwe biogas- of biomethaanprojecten vanwege de lage productiekost (€/ton CO₂) en de beschikbaarheid van voldoende inputstromen.

Figuur 8 geeft een overzicht van de kostprijs per ton vermeden CO₂ voor elke zone. De simulaties gebeurden op basis van alle beschikbare inputstromen en de geoptimaliseerde bemestingsnormen. Voor elke zone werd een berekening uitgevoerd voor injectie van biomethaan en de valorisatie in een WKK met 100% warmtebenutting. Zowel in het WKK- als injectiescenario is zone 3 (Z3) kostenefficiënter dan de andere zones. Dat is te verklaren door de hoge concentratie aan beschikbare biomassa, dus beperkt transport, en het grote aandeel mest, dat een sterke negatieve impact heeft op de broeikasgasbalans vanwege vermeden emissies. Zone 5 blijkt de minst interessante regio te zijn. Nochtans is de concentratie aan biomassa (648 ton/km² vs 339 ton/km²) en de biogasproductie (442 MWh_{bvw}/km² vs 182 MWh_{bvw}/km²) hoger dan zone 4¹³. Toch is de CO₂-besparing in deze zone lager door het hoge aandeel tussengewassen in het beschikbare potentieel.

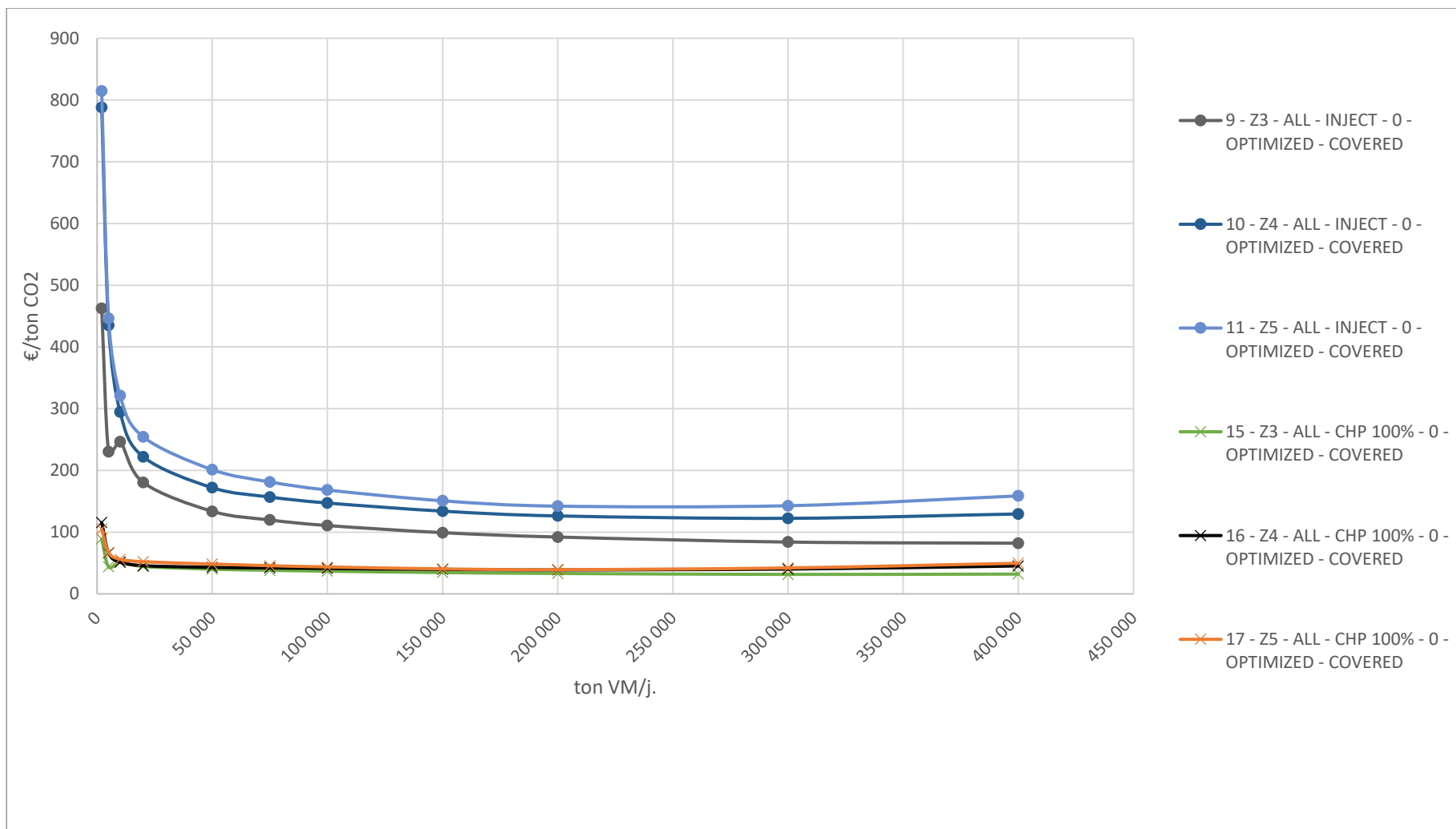
¹² Meer info over de afbakening van de relevante landbouwzones: Deep Dive Study Green Gas Platform: a roadmap for anaerobic digestion by 2050 – Rapport WP 0 – 2 (https://www.biogas-e.be/sites/default/files/2021-05/DDS_WP0-2_final%20report.pdf)

¹³ Zie Tabel 5: Deep Dive Study Green Gas Platform: a roadmap for anaerobic digestion by 2050 – Rapport WP 0 – 2 (https://www.biogas-e.be/sites/default/files/2021-05/DDS_WP0-2_final%20report.pdf)

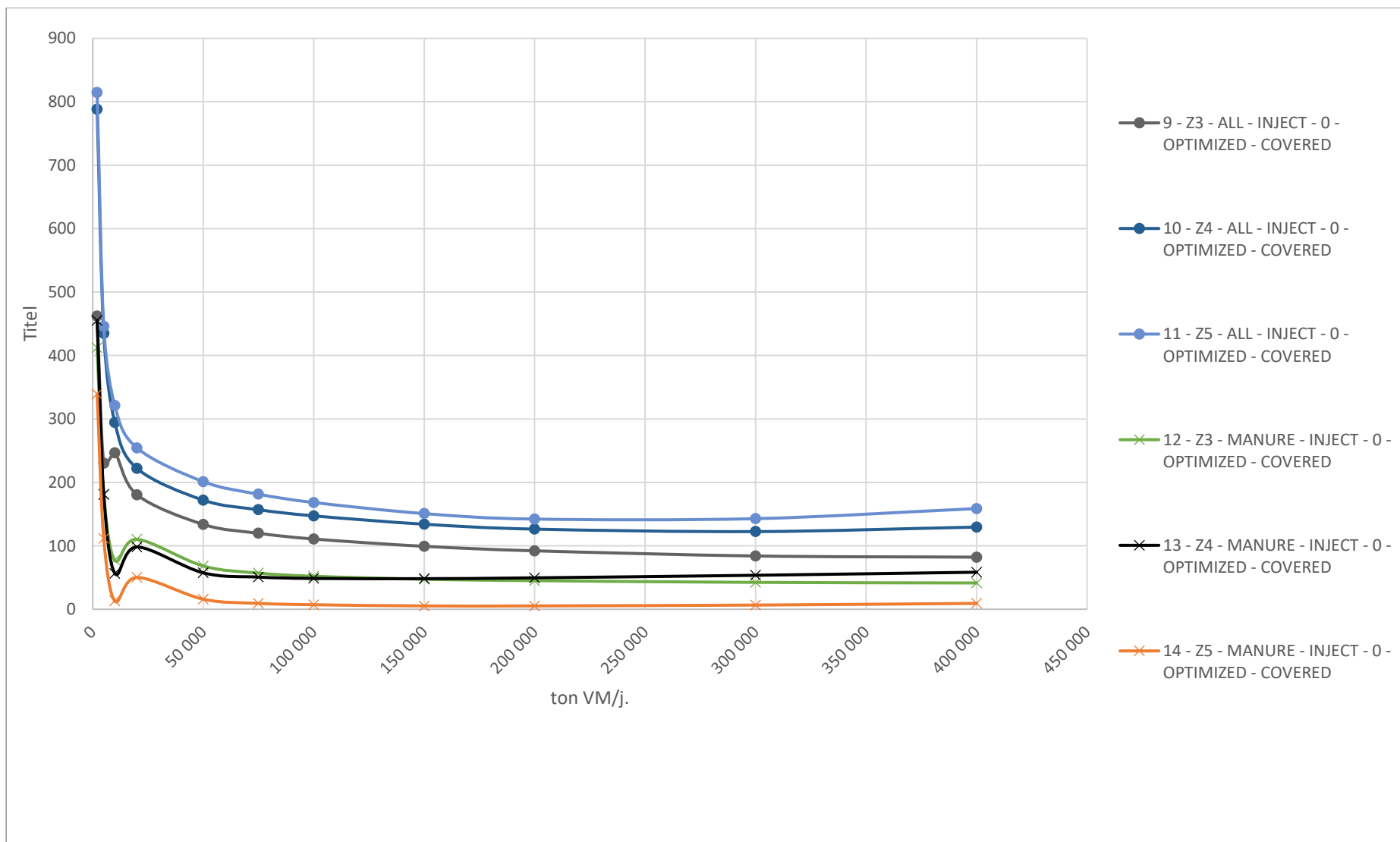
Indien er enkel rekening wordt gehouden met mest als inputstroom, heeft zone 5 de laagste CO₂-prijs (Figuur 9). Dit bevestigt het nadelige effect van tussengewassen op de broeikasgasbalans en dus de CO₂-prijs.

De zeer lage CO₂-prijzen in Figuur 9 zijn het gevolg van de negatieve prijzen die biogasuitbaters vandaag betalen (of krijgen) voor het binnennemen van mest. De gemiddelde prijs bedraagt -6,68 €/ton¹⁴. De simulaties nemen deze prijssetting in rekening bij het berekenen van de scenario's, omdat het zeer moeilijk is om de prijsevolutie van dierlijke mest in Vlaanderen voor de komende decennia in te schatten.

¹⁴ VEKA, RAPPORT 2020/2 Deel 1 : Rapport OT/Bf voor projecten met een startdatum vanaf 1 januari 2021



Figuur 8: Productiekost per ton vermeden CO2 (€/ton CO2) voor de verschillende relevante landbouwzones.



Figuur 9: Productiekost per ton vermeden CO2 (€/ton CO2) voor de verschillende landbouwzones, vergelijking enkel mest of alle beschikbare inputstromen.

Tabel 6: Productiekost per ton vermeden CO2 (€/ton CO2) voor de verschillende landbouwzones.

Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	7	18	36	72	179	268	358	537	715	1073	1431
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	8	21	41	83	206	309	412	619	825	1237	1650
9 - Z3 - ALL - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	462	230	247	181	134	120	111	99	92	84	82

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	10	24	48	96	239	359	479	717	956	1432	1907
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	10	25	50	100	249	373	498	746	995	1491	1986
10 - Z4 - ALL - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	788	435	295	222	172	157	147	134	126	122	129

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	13	31	63	126	315	472	629	943	1258	1886	2514
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	12	30	60	121	302	453	604	906	1207	1811	2414
11 - Z5 - ALL - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	815	446	321	254	201	181	168	151	142	143	159

Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	4	9	18	36	90	136	181	271	362	542	723
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	6	14	29	58	144	216	288	432	575	863	1151
12 - Z3 - MANURE - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	412	182	77	110	68	57	52	47	45	42	41
	89%	79%	31%	61%	51%	48%	47%	48%	49%	50%	50%
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	4	9	18	37	92	138	184	275	367	551	735
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	6	14	29	58	145	217	290	435	579	869	1159
13 - Z4 - MANURE - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	455	181	57	98	57	51	49	48	50	54	58
	58%	42%	19%	44%	33%	32%	33%	36%	39%	44%	45%
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	4	10	21	42	104	157	209	313	418	626	835
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	6	15	31	61	154	231	307	461	615	922	1230
14 - Z5 - MANURE - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	339	112	13	50	16	9	7	5	5	7	9
	42%	25%	4%	20%	8%	5%	4%	3%	4%	5%	6%
Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	41	104	207	415	1037	1556	2075	3112	4149	6224	8298
15 - Z3 - ALL - CHP 100% - 0 - OPTIMIZED - COVERED	89	44	51	44	40	38	37	35	33	32	32

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	54	136	272	545	1361	2041	2721	4079	5436	8145	10848
16 - Z4 - ALL - CHP 100% - 0 - OPTIMIZED - COVERED	116	66	51	46	43	42	41	40	39	40	45

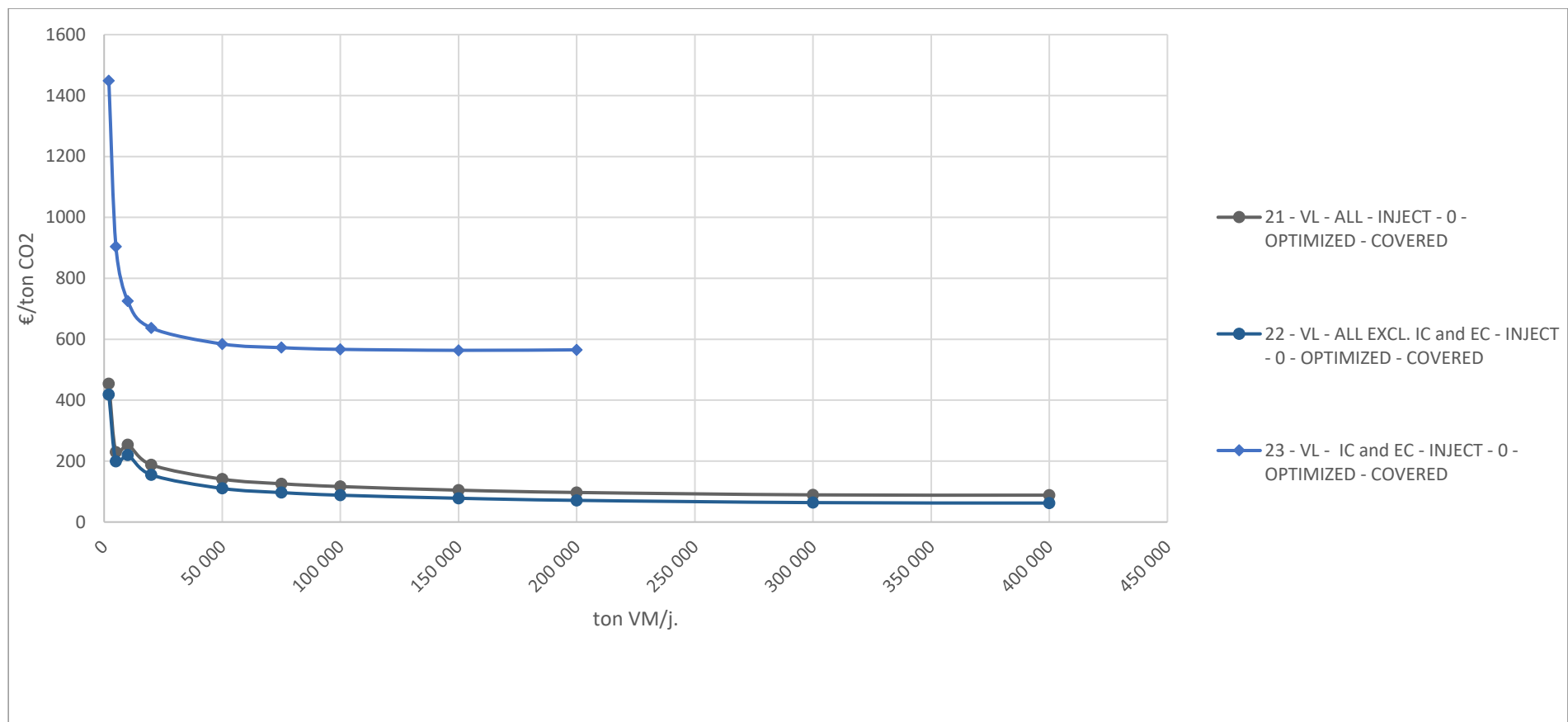
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	71	176	353	705	1763	2645	3526	5289	7051	10573	14093
17 - Z5 - ALL - CHP 100% - 0 - OPTIMIZED - COVERED	105	67	56	52	48	46	44	41	39	42	50

INPUTSTROMEN

De verschillende beschikbare inputstromen worden onderverdeeld in vier types: oogstresten uit de landbouw, energiegewassen, dierlijke mest en organisch-biologische afvalstoffen. Deze inputstromen hebben een effect op de CO₂-prijs door hun marktwaarde (in huidige situatie), hun CO₂-besparing en hun beschikbaarheid.

Figuur 9 toont duidelijk aan dat vergisting op basis van mest de laagste productiekost heeft per ton vermeden CO₂. In vergelijking met het scenario waar alle inputstromen vergist worden, is de CO₂-prijs bij mest-scenario gemiddeld 50% lager voor de zones 3 en 4. Zone 5 wordt gekenmerkt door een zeer lage CO₂-prijs bij mono-mestvergisting, die zelfs minder dan 10% bedraagt ten opzichte van het referentie-scenario waar alle inputstromen worden gebruikt.

De grondstofkost en CO₂-impact voor energiegewassen en tussengewassen is het hoogste van alle beschouwde inputstromen vanwege de intensieve teelt en de niet-afval status. Daartegenover staat de hoge biogasopbrengst per ton. Ondanks dat energiegewassen slechts 8% van het potentieel vertegenwoordigen op massabasis, zijn ze goed voor 18% van de potentiële productie. De CO₂-prijs daalt met een kwart wanneer energiegewassen en tussengewassen niet in rekening worden gebracht (Figuur 10).



Figuur 10: Productiekost per ton vermeden CO2 (€/ton CO2) met of zonder energie- en tussengewassen.

Tabel 7: Productiekost per ton vermeden CO2 (€/ton CO2) met of zonder energie- en tussengewassen.

Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	8	19	39	77	193	289	386	579	772	1157	1543
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	9	22	43	86	216	324	432	648	865	1297	1729
21 - VL - ALL - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	454	229	254	188	141	126	116	105	97	89	88

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	7	18	36	72	179	268	358	537	715	1073	1431
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	8	21	41	82	206	309	412	619	825	1237	1650
22 - VL - ALL EXCL. IC and EC - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	419	199	220	155	110	97	88	78	71	64	62

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	15	36	73	145	363	544	726	1089	1452		
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	13	33	65	130	326	488	651	977	1302		
23 - VL - IC and EC - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	1449	904	725	637	584	572	567	564	565		

De resultaten van de voorgaande simulaties laten toe een aantal conclusies te trekken die waardevol zijn voor de ontwikkeling van een roadmap voor biogas en biomethaan in Vlaanderen:

- Er is een duidelijk effect van de schaalgrootte op de kost per ton vermeden CO₂. Het optimum ligt rond een capaciteit van 300.000 ton inputstromen per jaar. Bij een verdere stijging van de capaciteit zorgt het bijkomend transport voor een stijging in de kostprijs. Opmerkelijk is de sterke daling bij biomethaanproductie ten opzichte van WKK bij capaciteiten van 2.000 tot 20.000 ton. Daarnaast is er een duidelijk suboptimum rond 5.000 ton, een categorie die vandaag nog maar zelden voorkomt in Vlaanderen.
- Het reduceren van de methaanemissies is uitermate belangrijk en zeer kostenefficiënt. Het overdekken van de digestaatopslag en het aanvoeren van verse mest halveren de productiekost per ton vermeden CO₂.
- Het toepassen van de RENURE-criteria en dus opgezuiverde digestaatproducten hetzelfde statuut te geven als kunstmest is voordelig voor biogasprojecten vermits meer digestaat op naburige landbouwgronden kan afgezet worden. Vandaag vallen reeds verschillende digestaatproducten in Vlaanderen onder de RENURE-criteria, waardoor wettelijke barrières (bemestingsnormen) het voornaamste knelpunt zijn.
- Er zijn regionale verschillen voor de ontwikkeling van biogas en biomethaan in Vlaanderen. De drie relevante landbouwzones in Vlaanderen hebben een verschillende ontwikkelingskost voor nieuwe projecten, waarbij zone 3 de laagste kost per ton vermeden CO₂ heeft en zone 5 de hoogste indien alle inputstromen in rekening worden gebracht. Wanneer enkel mest wordt beschouwd als inputstroom, scoort zone 5 het beste.
- De samenstelling van de inputstromen is belangrijk door CO₂-voetafdruk en de kostprijs. Door enkel mest te vergisten kunnen zeer lage productiekosten per ton vermeden CO₂ bereikt worden. Uit de simulaties blijken voornamelijk energiegewassen de CO₂-prijs sterk te verhogen.

In totaal werden 23 scenario's doorgerekend om de ontwikkelingsmogelijkheden voor biogas en biomethaan in kaart te brengen. De kost per ton vermeden CO₂ varieerde van 565 €/ton CO₂ tot -9 €/ton CO₂ voor een capaciteit van 200.000 ton VM/j. Een overzicht van alle scenario's is terug te vinden in Bijlage 1: Overzichtstabel scenario's.

PRIORITEITEN ONTWIKKELINGSTRAJECT

FASE 1: MESTVERGISTING MET ZONALE FOCUS

Uit de verschillende scenario's blijkt duidelijk dat het vergisten van 100% dierlijke mest, de meest aangewezen optie is voor de ontwikkeling van de biogas/biomethaansector in België. Het optimum qua schaalgrootte ligt tussen 100.000 ton en 300.000 ton mest per jaar. Voor deze grootteordes zal er op intergemeentelijk niveau samengewerkt moeten worden tussen verschillende landbouwbedrijven, of de decentrale aanvoer van mest georganiseerd worden. Er moet bijkomende aandacht besteed worden aan de afvoer van verse mest, om de emissies te beperken en het biomethaanpotentieel te bewaren. Aanpassingen van de courante stalsystemen zijn dan ook aangewezen. Klassieke stallen met open vloeren en grote mestkelders maken een afvoer van verse mest onmogelijk. De omschakeling naar volle vloeren met een collectiesysteem, zoals mestschuif of mestrobot, is noodzakelijk.

Op basis van de resultaten moet er prioriteit gegeven worden aan de ontwikkeling van mestvergistingsinstallaties in zone 5, vanwege de lagere productiekost t.o.v. de andere zones. Dit verschil is voornamelijk het gevolg van de grotere afzetruimte voor digestaat in deze zone, waardoor de verwerkingskost wegvalt (Figuur 9).

De uitbreiding van de biogassector in Vlaanderen kan niet losgekoppeld worden van de ontwikkeling van de agrarische sector in Vlaanderen. De anaerobe vergisting van mest is een katalysator voor een circulaire en groene landbouw door het verminderen van emissies, de productie van groene energie en de recuperatie van waardevolle nutriënten. Investerings in aangepaste stalsystemen en de uitbreiding van de mestwetgeving voor biogebaseerde meststoffen zijn eenvoudige maatregelen die de kostprijs voor biogas/biomethaan sterk kunnen verminderen.

FASE 2: UITBOUW VERGISTING MET BESCHIKBAAR POTENTIEEL (UITZ.: ENERGIEGEWASSEN)

Vermist de monovergisting van mest de laagste kostprijs heeft, rekening houdend met de economische waarde van externaliteiten, is het logisch deze ontwikkeling prioriteit te geven in Vlaanderen. Om de productiecapaciteit in een tweede fase uit te breiden, moet de covergisting van mest met de beschikbare biologische afvalstromen verder uitgebouwd worden. Door dit potentieel te realiseren kan er een extra productie van 2 601 GWh biogas gerealiseerd worden t.o.v. fase 1 (Tabel 8). De gemiddelde kostprijs varieert van €419 tot €62 per ton vermeden CO₂ (Tabel 7) Een optimum wordt bereikt rond een verwerkingscapaciteit van 400.000 ton afvalstromen per jaar.

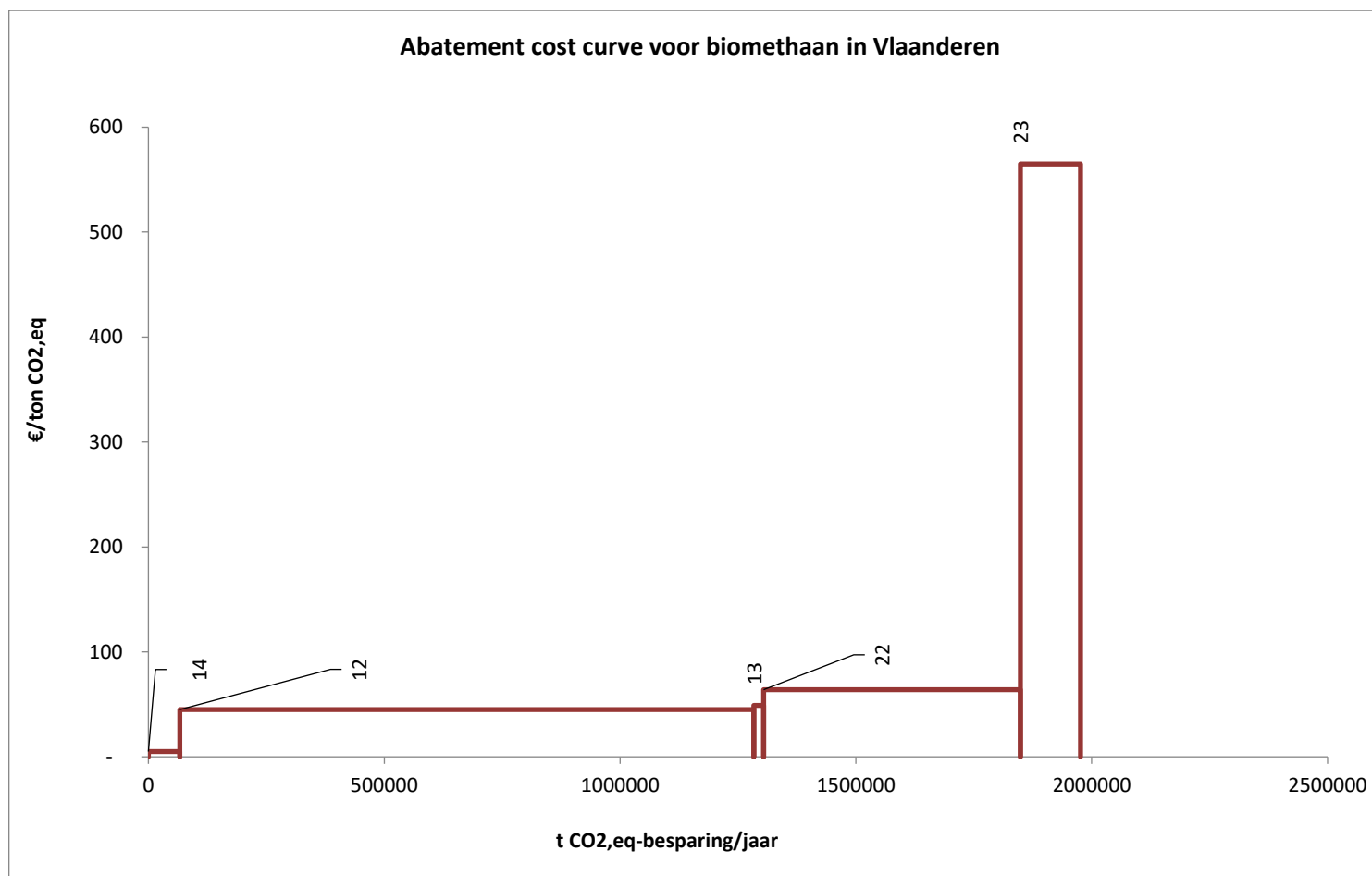
FASE 3: VERGISTING VAN ENERGIEGEWASSEN

Het gebruik van energie- en tussengewassen resulteert in een hogere kost om CO₂ te besparen. Zelf bij een capaciteit van 200.000 ton per jaar, is de CO₂-kost nog altijd hoger dan €500/ton. Het covergisten van energiegewassen is het minst kosten-efficiënte scenario voor het reduceren van de CO₂-uitstoot en heeft daarom de laagste prioriteit.

CONCLUSIE

Het doel van deze studie was om een *abatement cost curve* op te stellen voor biogas/biomethaan in Vlaanderen. Het bepalen van dergelijke CO₂-kost in functie van het gerealiseerde productiepotentieel is immers een interessante leidraad voor de verdere ontwikkeling van de biogassector en kan een basis vormen voor beleidsvisies.

Deze *abatement cost curve* (Figuur 11) wordt opgesteld op basis van de verschillende ontwikkelingsfasen om uiteindelijk het volledige biogaspotentieel te realiseren. Uit de figuur blijkt duidelijk dat quasi het volledige potentieel kan gerealiseerd worden voor een kost van minder dan €65/ton CO₂ (onder RENURE-criteria). Ter herinnering, de gemiddelde ETS CO₂-prijs bedroeg 59 €/ton CO₂ in 2021. In totaal levert dit een CO₂-besparing op van 1,8 Mton CO₂, of 2,44% van de CO₂,eq-uitstoot van Vlaanderen in 2019 (ETS en niet-ETS, pre-corona). Hiervoor is een investering vereist van 91 miljoen euro. Indien het volledige potentieel wordt benut, dus inclusief energiegewassen, bedraagt de totale CO₂-besparing 1,98 Mton en de investering 163 miljoen euro. Hierdoor zou 2,61% van de CO₂-uitstoot van Vlaanderen vermeden worden.



Figuur 11: Abatement cost curve voor biomethaan in Vlaanderen (met aanduiding van de verschillende scenario's zie Tabel 8) .

Tabel 8: Overzicht van ontwikkelingsfasen met de geassocieerde kosten en CO2-balansen.

		scenario	Totale hoeveelheid (ton VM/j.)	Schaalgrootte (ton VM/j.)	Aantal installaties	Valorisatie biogas	Energie- efficiëntie (netto/bruto)	Potentiële netto energieproductie (GWhbv/j.)	BKG-balans (ton CO2,eq/j.)	Kost per vermeden ton CO2 (€/ton CO2,eq)	Totale kost (106€/j.)
FASE 1: mest met zonale focus	zone 5	14	499 558	200 000	2	injectie	81%	120	-66 641	5	0,3
	zone 3	12	9 666 575	200 000	48	injectie	81%	2 098	-1 216 959	45	54,8
	zone 4	13	197 623	100 000	2	injectie	81%	42	-20 825	49	1,0
FASE 2: alle inputstromen excl. energie- en tussengewassen		22	4 101 475	300 000	14	injectie	81%	2 601	-544 329	64	34,8
FASE 3: energiegewassen		23	1 338 953	200 000	7	injectie	81%	1 041	-127 450	565	72,0
TOTAAL			15 804 183					5 902	-1 976 203		163,0

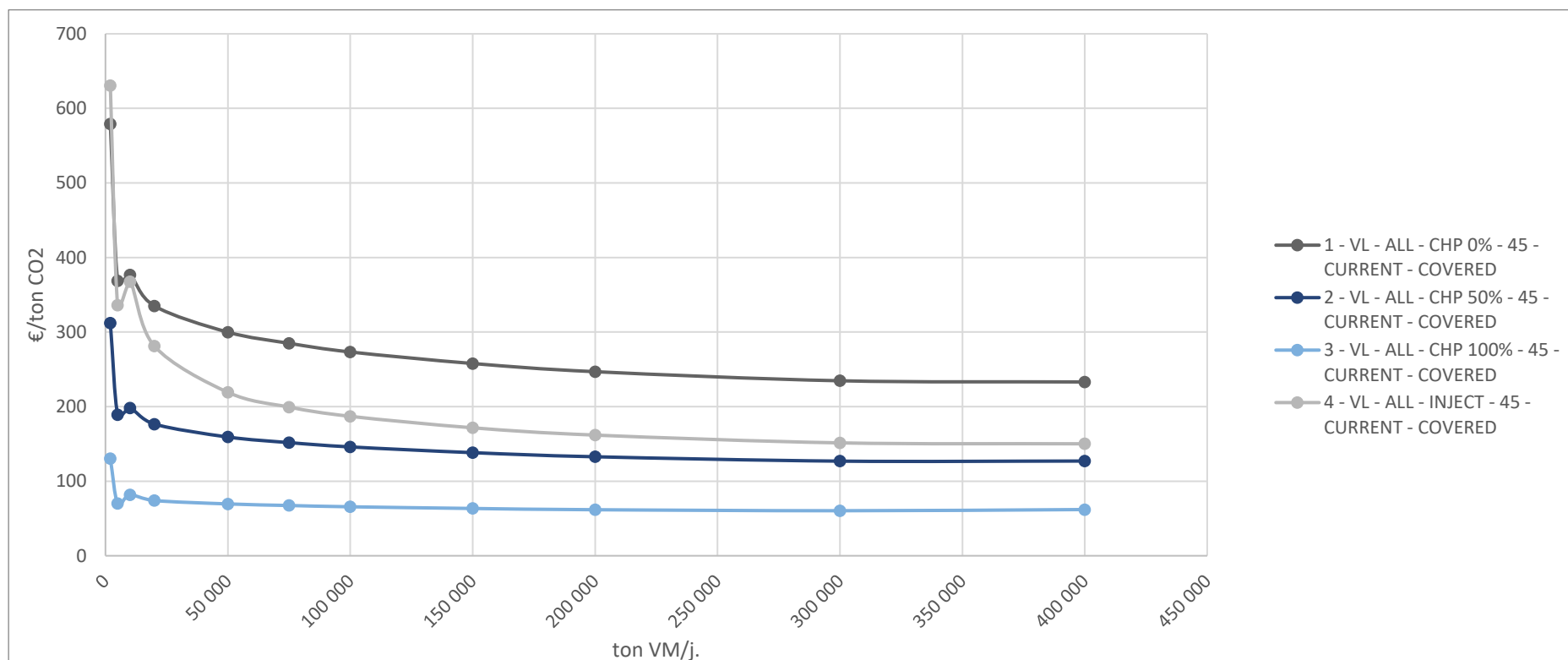
BIJLAGE 1: OVERZICHTSTABEL SCENARIO'S

# scenario	Zone	Inputstromen	Valorisatie	Opslag mest	Bemestingsnormen	Digestaatopslag
1	VL	ALL	CHP 0%	45	CURRENT	COVERED
2	VL	ALL	CHP 50%	45	CURRENT	COVERED
3	VL	ALL	CHP 100%	45	CURRENT	COVERED
4	VL	ALL	INJECT	45	CURRENT	COVERED
5	VL	ALL	INJECT	45	CURRENT	COVERED
6	VL	ALL	INJECT	45	OPTIMIZED	COVERED
7	VL	ALL	INJECT	45	CURRENT	NOT COVERED
8	VL	ALL	INJECT	0	CURRENT	COVERED
9	Z3	ALL	INJECT	0	OPTIMIZED	COVERED
10	Z4	ALL	INJECT	0	OPTIMIZED	COVERED
11	Z5	ALL	INJECT	0	OPTIMIZED	COVERED
12	Z3	MANURE	INJECT	0	OPTIMIZED	COVERED
13	Z4	MANURE	INJECT	0	OPTIMIZED	COVERED
14	Z5	MANURE	INJECT	0	OPTIMIZED	COVERED
15	Z3	ALL	CHP 100%	0	OPTIMIZED	COVERED
16	Z4	ALL	CHP 100%	0	OPTIMIZED	COVERED
17	Z5	ALL	CHP 100%	0	OPTIMIZED	COVERED
18	Z3	MANURE	CHP 100%	0	OPTIMIZED	COVERED
19	Z4	MANURE	CHP 100%	0	OPTIMIZED	COVERED
20	Z5	MANURE	CHP 100%	0	OPTIMIZED	COVERED
21	VL	ALL	INJECT	0	OPTIMIZED	COVERED
22	VL	ALL EXCL. IC and EC	INJECT	0	OPTIMIZED	COVERED
23	VL	IC and EC	INJECT	0	OPTIMIZED	COVERED

BIJLAGE 2: KOSTPRIJS INPUTSTROMEN

Type	€/ton
Korrelmaisresten	15
Stro (geen mais)	50
Graanresten	66
Oogstresten tuinbouw	12
Aardappelloof	16
Bietenloof	10
Gras	36
Tussengewas voor energieproductie	48
Gier (rund)	-6,7
Vaste mest (rund)	-6,7
Gier (varken)	-6,7
Vaste mest (varken)	-6,7
Mest (gevogelte)	-6,7
Vaste mest (gevogelte)	-6,7
Org. fractie huishoudelijk afval	-60
Groenafval	-13
Voedselreststromen	16
Waterzuiveringsslib (riool)	-20
Waterzuiveringsslib (industrie)	10
Energiemais	35
Restproducten landbouw	33

BIJLAGE 3: SCENARIO'S 1- 4



Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	45	111	223	445	1113	1669	2225	3338	4450	6675	8900
1 - VL - ALL - CHP 0% - 45 - CURRENT - COVERED	579	369	377	335	300	285	273	258	247	235	233

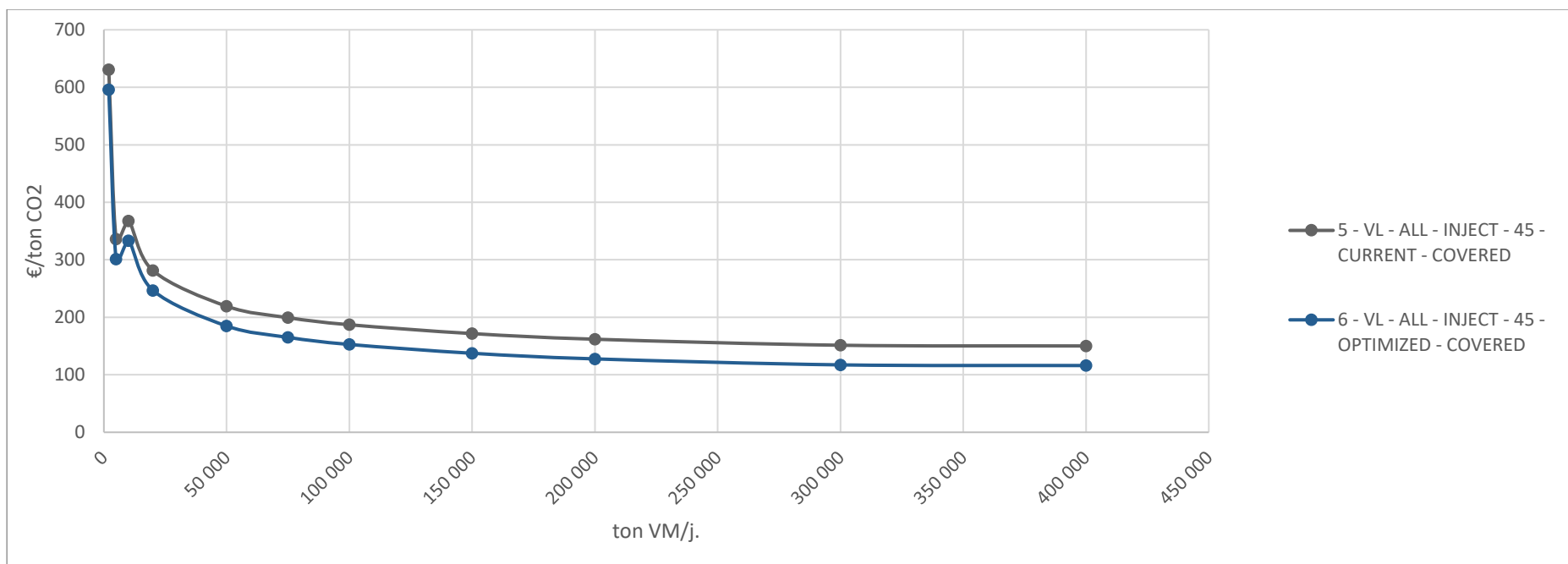
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	45	111	223	445	1113	1669	2225	3338	4450	6675	8900

2 - VL - ALL - CHP 50% - 45 - CURRENT - COVERED	312	189	198	177	159	152	146	138	133	127	127
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	45	111	223	445	1113	1669	2225	3338	4450	6675	8900
3 - VL - ALL - CHP 100% - 45 - CURRENT - COVERED	130	70	82	74	70	67	66	63	62	60	62

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	8	19	39	77	193	289	386	579	772	1157	1543
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	9	22	43	86	216	324	432	648	865	1297	1729
4 - VL - ALL - INJECT - 45 - CURRENT - COVERED	631	336	367	281	219	199	187	172	162	151	150

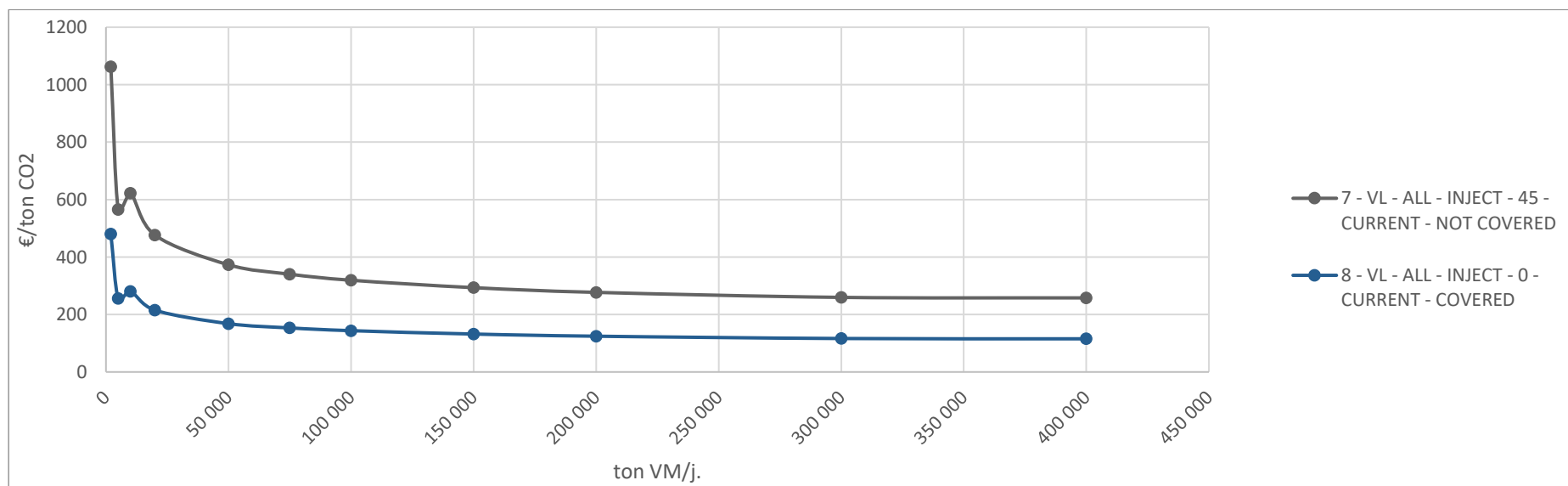
BIJLAGE 4: SCENARIO'S 5 – 6



Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	8	19	39	77	193	289	386	579	772	1157	1543
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	9	22	43	86	216	324	432	648	865	1297	1729
5 - VL - ALL - INJECT - 45 - CURRENT - COVERED	631	336	367	281	219	199	187	172	162	151	150

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	8	19	39	77	193	289	386	579	772	1157	1543
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	9	22	43	86	216	324	432	648	865	1297	1729
6 - VL - ALL - INJECT - 45 - OPTIMIZED - COVERED	596	301	333	247	185	165	153	137	128	117	116

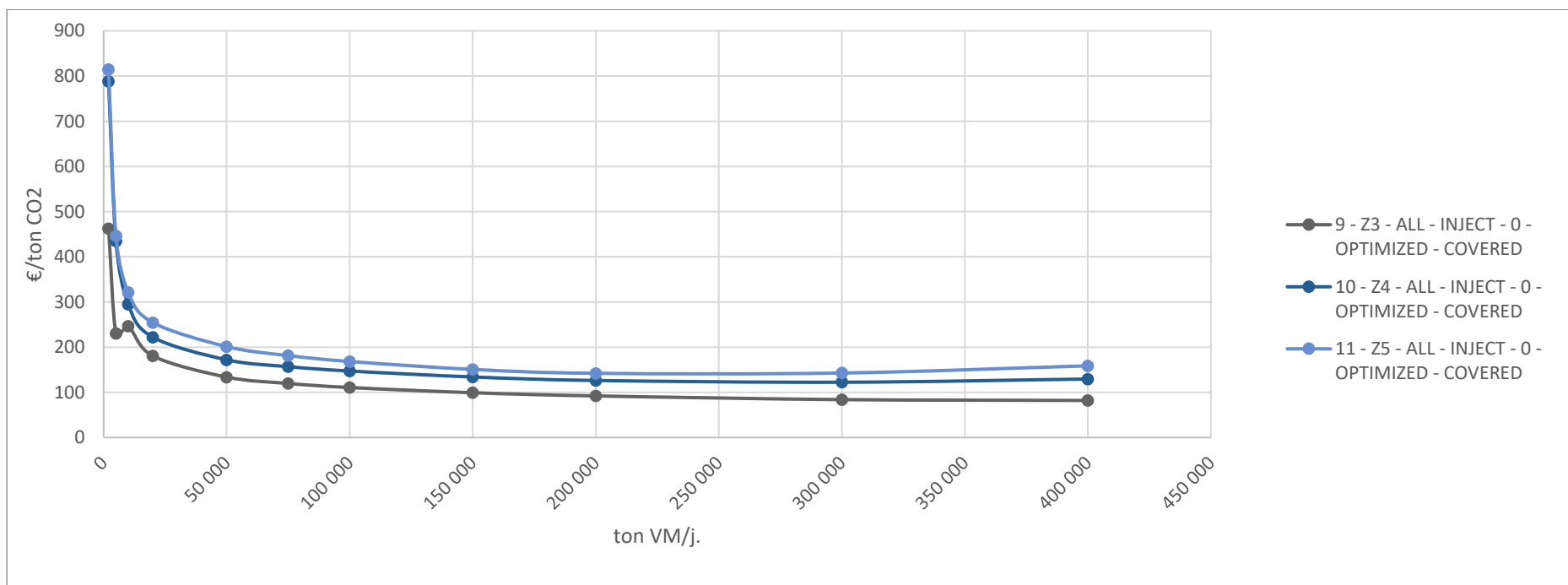
BIJLAGE 5: SCENARIO'S 7 – 8



Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	8	19	39	77	193	289	386	579	772	1157	1543
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	9	22	43	86	216	324	432	648	865	1297	1729
7 - VL - ALL - INJECT - 45 - CURRENT - NOT COVERED	1062	566	622	476	373	340	319	294	277	260	258

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	8	19	39	77	193	289	386	579	772	1157	1543
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	9	22	43	86	216	324	432	648	865	1297	1729
8 - VL - ALL - INJECT - 0 - CURRENT - COVERED	480	256	281	215	168	153	144	132	124	116	115

BIJLAGE 6: SCENARIO'S 9 – 11

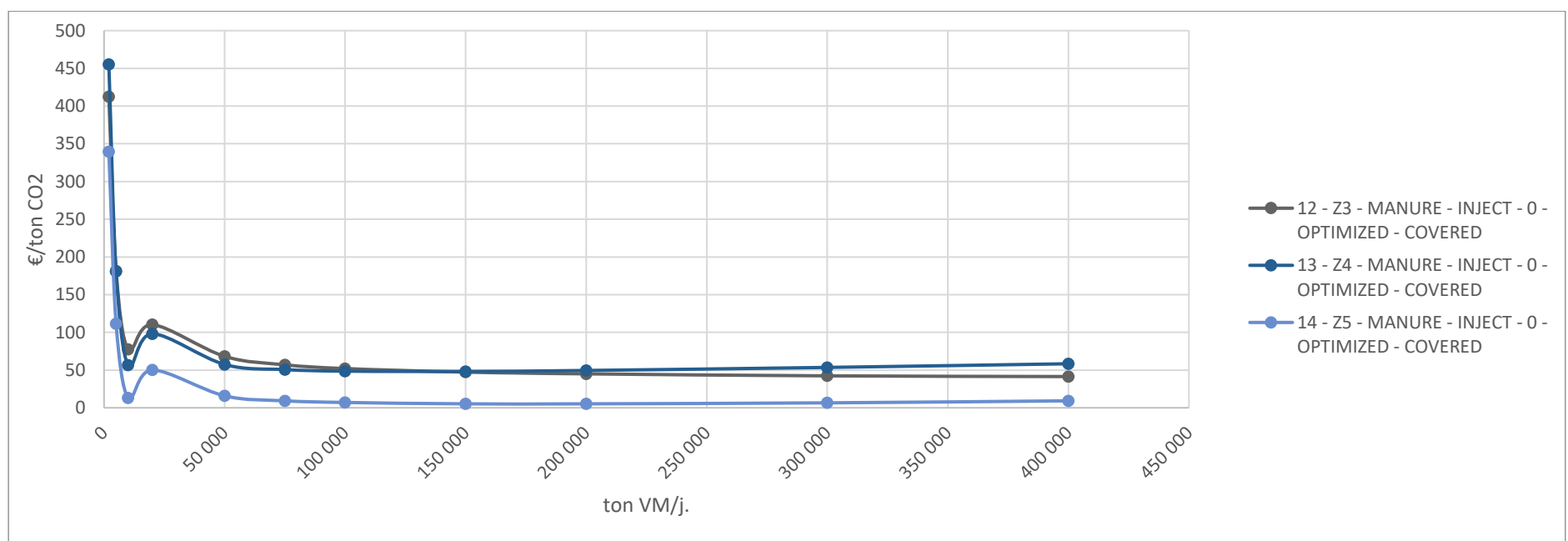


Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	7	18	36	72	179	268	358	537	715	1073	1431
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	8	21	41	83	206	309	412	619	825	1237	1650
9 - Z3 - ALL - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	462	230	247	181	134	120	111	99	92	84	82

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	10	24	48	96	239	359	479	717	956	1432	1907
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	10	25	50	100	249	373	498	746	995	1491	1986
10 - Z4 - ALL - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	788	435	295	222	172	157	147	134	126	122	129

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	13	31	63	126	315	472	629	943	1258	1886	2514
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	12	30	60	121	302	453	604	906	1207	1811	2414
11 - Z5 - ALL - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	815	446	321	254	201	181	168	151	142	143	159

BIJLAGE 7: SCENARIO'S 12 – 14

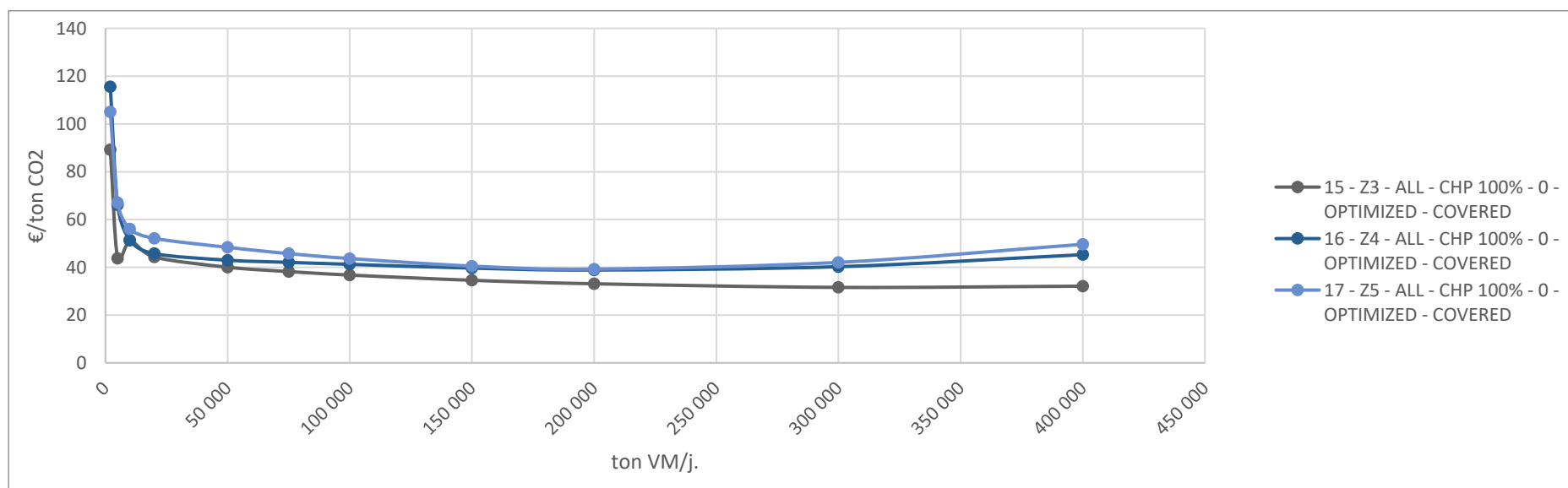


Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	4	9	18	36	90	136	181	271	362	542	723
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	6	14	29	58	144	216	288	432	575	863	1151
12 - Z3 - MANURE - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	412	182	77	110	68	57	52	47	45	42	41

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	4	9	18	37	92	138	184	275	367	551	735
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	6	14	29	58	145	217	290	435	579	869	1159
13 - Z4 - MANURE - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	455	181	57	98	57	51	49	48	50	54	58

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	4	10	21	42	104	157	209	313	418	626	835
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	6	15	31	61	154	231	307	461	615	922	1230
14 - Z5 - MANURE - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	339	112	13	50	16	9	7	5	5	7	9

BIJLAGE 8: SCENARIO'S 15 – 17

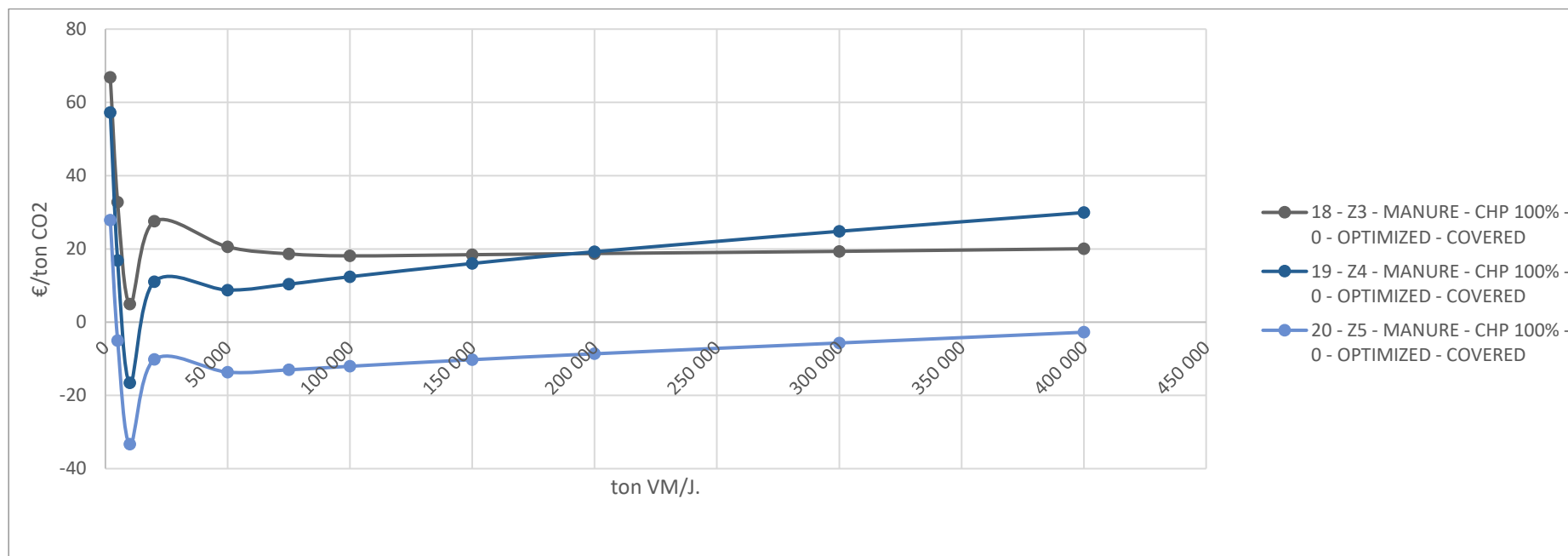


Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	41	104	207	415	1037	1556	2075	3112	4149	6224	8298
15 - Z3 - ALL - CHP 100% - 0 - OPTIMIZED - COVERED	89	44	51	44	40	38	37	35	33	32	32

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	54	136	272	545	1361	2041	2721	4079	5436	8145	10848
16 - Z4 - ALL - CHP 100% - 0 - OPTIMIZED - COVERED	116	66	51	46	43	42	41	40	39	40	45

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	71	176	353	705	1763	2645	3526	5289	7051	10573	14093
17 - Z5 - ALL - CHP 100% - 0 - OPTIMIZED - COVERED	105	67	56	52	48	46	44	41	39	42	50

BIJLAGE 9: SCENARIO'S 18 – 20

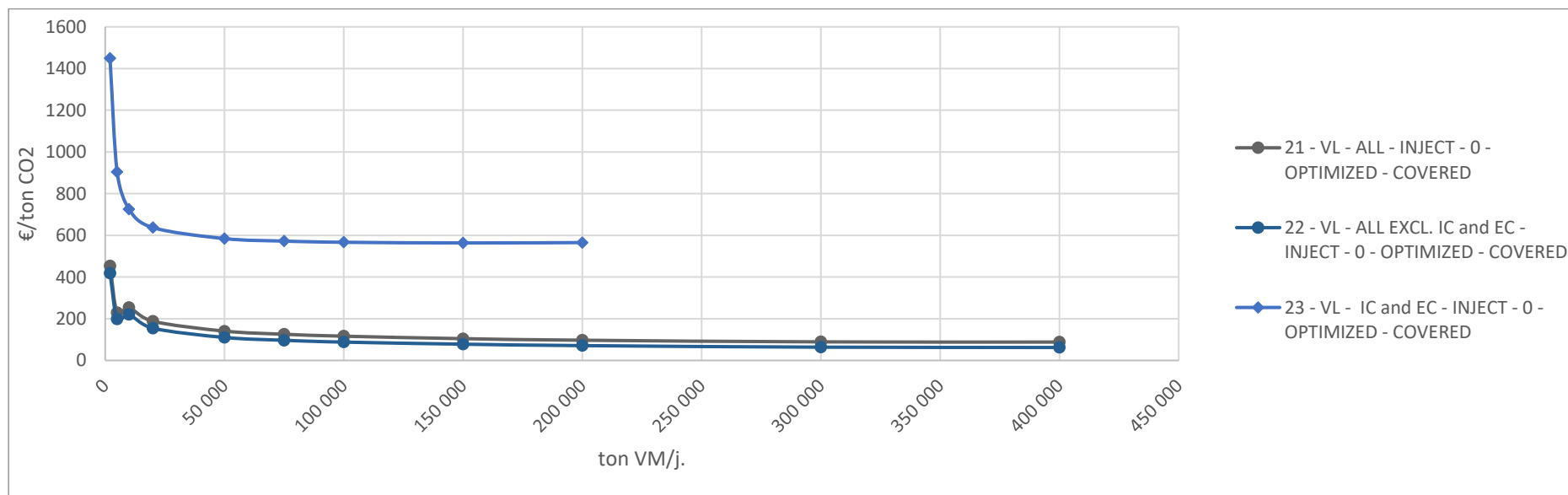


Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	23	56	113	226	564	846	1128	1692	2256	3383	4511
18 - Z3 - MANURE - CHP 100% - 0 - OPTIMIZED - COVERED	67	33	5	28	21	19	18	18	19	19	20

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	23	57	114	229	571	857	1143	1714	2286	3429	4572
19 - Z4 - MANURE - CHP 100% - 0 - OPTIMIZED - COVERED	57	17	-17	11	9	10	12	16	19	25	30

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	26	64	128	256	639	958	1278	1917	2556	3833	5111
20 - Z5 - MANURE - CHP 100% - 0 - OPTIMIZED - COVERED	28	-5	-33	-10	-14	-13	-12	-10	-9	-6	-3

BIJLAGE 10: SCENARIO'S 21 – 23



Jaarlijks tonnage (ton VM/j.)	2 000	5 000	10 000	20 000	50 000	75 000	100 000	150 000	200 000	300 000	400 000
Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	8	19	39	77	193	289	386	579	772	1157	1543
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	9	22	43	86	216	324	432	648	865	1297	1729
21 - VL - ALL - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	454	229	254	188	141	126	116	105	97	89	88

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	7	18	36	72	179	268	358	537	715	1073	1431
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	8	21	41	82	206	309	412	619	825	1237	1650
22 - VL - ALL EXCL. IC and EC - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	419	199	220	155	110	97	88	78	71	64	62

Injectiecapaciteit (Nm ³ CH ₄ /h)	15	36	73	145	363	544	726	1089	1452		
Geïnstalleerd vermogen WKK (kW)	13	33	65	130	326	488	651	977	1302		
23 - VL - IC and EC - INJECT - 0 - OPTIMIZED - COVERED	1449	904	725	637	584	572	567	564	565		

