

CO₂-afvang bij Vlaamse afvalverbrandingsinstallaties: technische en economische verkenning

Toelichting eindrapport, 11/02/2026
11u-12u, online

Ive Vanderreydt

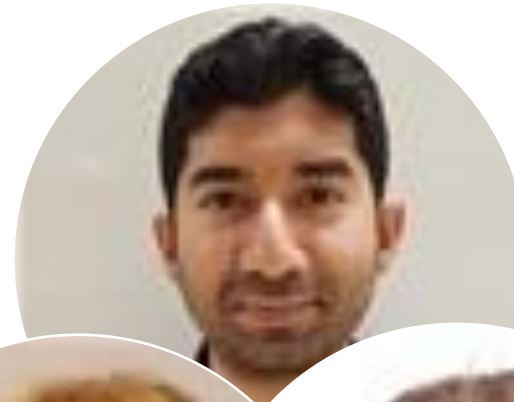
Agenda

- Welkom
- Toelichting eindrapport:
 - Context en doelstellingen
 - Resultaten:
 - Over afvalverbranding en koolstofafvang
 - Technische performantie
 - Koolstofafvang bij Vlaamse afvalverbrandingsinstallaties
 - Economische evaluatie
 - Conclusie
- Q&A

Stuurgroep:

- OVAM
- VEKA

VITO TEAM:



Mohammed Nazeer Kahn



Miet Van Dael



Ive Vanderreydt

Agenda

- Welkom
- Toelichting eindrapport:
 - Context en doelstellingen
 - Resultaten:
 - Over afvalverbranding en koolstofafvang
 - Technische performantie
 - Koolstofafvang bij Vlaamse afvalverbrandingsinstallaties
 - Economische evaluatie
 - Conclusie
- Q&A

Project: context en doelstellingen

Is CCS/CCU een technisch en economisch haalbare optie voor afvalverbrandingsinstallaties in Vlaanderen op korte en/of middellange termijn en onder welke randvoorwaarden?

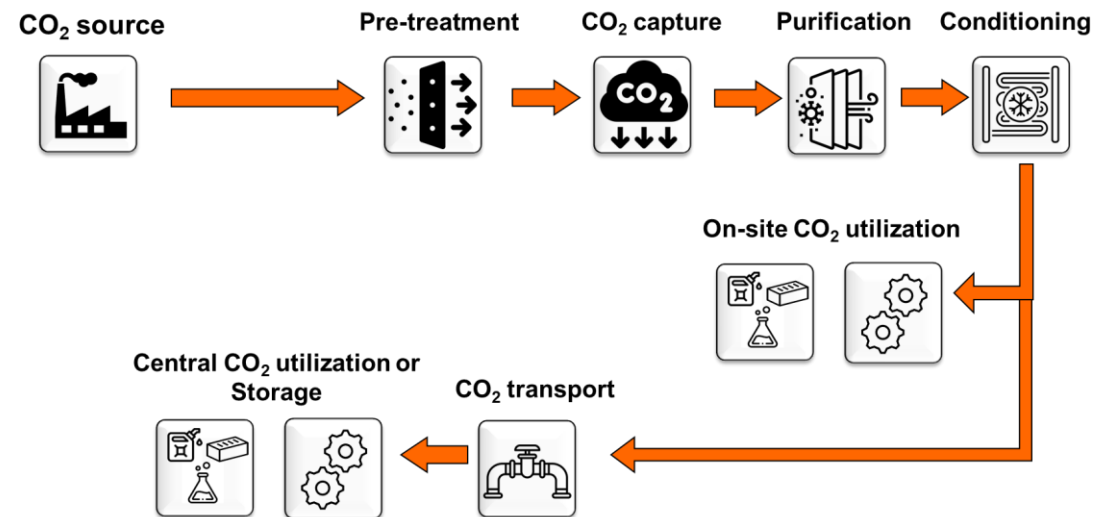
Onderzoeksvragen	
Onderzoeksvraag 1	Welke technologische opties zijn (momenteel) mogelijk voor koolstofafvang bij Vlaamse afvalverbrandingsinstallaties?
Onderzoeksvraag 2	Wat is de technische haalbaarheid en de randvoorwaarden op korte en middellange termijn van de implementatie van koolstofafvang en -opslag of -gebruik voor Vlaamse afvalverbrandingsinstallaties?
Onderzoeksvraag 3	Wat is de economische impact van zowel de kosten van eventuele implementatie van CO ₂ afvang als de baten bij het al dan niet onderbrengen van de verbrandingsinstallaties onder EU ETS?

Agenda

- Welkom
- Toelichting eindrapport:
 - Context en doelstellingen
 - Resultaten:
 - Over afvalverbranding en koolstofafvang
 - Technische performantie
 - Koolstofafvang bij Vlaamse afvalverbrandingsinstallaties
 - Economische evaluatie
 - Conclusie
- Q&A

Over afvalverbranding en koolstofafvang

- Vlaamse afvalverbrandingsinstallaties beschikken over rookgassen met 10–12 vol% CO₂ en gebruiken al uitgebreide rookgasreiniging, waardoor het rookgas na behandeling een relatief “schoon CO₂/N₂/O₂/H₂O-mengsel” vormt dat geschikt is voor CO₂-afvang.
- De CCUS-waardeketen start bij het CO₂-houdend rookgas en omvat voorbehandeling, CO₂-afvang, CO₂-zuivering, conditionering (compressie/koeling) en transport naar opslag- of gebruikshubs.



Over afvalverbranding en koolstofafvang

- Capaciteit en energie-integratie zijn twee dominante criteria voor technologiekeuze, aangezien ze de afvangschaal, het potentieel voor systeemintegratie en indicatieve kosten bepalen.
- Andere criteria (zoals locatie, rookgasreiniging en fysische eigenschappen rookgassen (T, p, w%)) zijn relevant voor uittekenen van de volledige waardeketen, maar ondergeschikte rol voor selectie van relevante technologieën

Over afvalverbranding en koolstofafvang

- Capaciteit en energie-integratie zijn de twee dominante criteria voor technologiekeuze, aangezien ze de afvangschaal, het potentieel voor systeemintegratie en indicatieve kosten bepalen.
- Andere criteria (zoals locatie, rookgasreiniging en fysische eigenschappen rookgassen (T, p, w%) zijn relevant voor uittekenen van de volledige waardeketen, maar ondergeschikte rol voor selectie van relevante technologieën
- Drie technologieën worden als meest geschikt geselecteerd op korte tot middellange termijn: amine-absorptie, polymeermembranen en cryogene afvang, alle drie geschikt voor “relatief verdunde ($\approx 10\text{--}12\%$ CO₂) en zuurstofrijke rookgassen” van AVI's.

Over afvalverbranding en koolstofafvang

- Drie technologieën worden als meest geschikt beschouwd op korte tot middellange termijn: amine-absorptie, polymeermembranen en cryogene afvang, alle drie geschikt voor “relatief verdunde ($\approx 10\text{--}12\%$ CO₂) en zuurstofrijke rookgassen” van AVI's.
- Amine gebaseerde systemen zijn de meest volwassen optie, met hoge afvangrendementen en goede integratie met lagedrukstoom, maar met een hoge thermische energiebehoefte en aandacht voor oplosmiddelaafbraak.

Over afvalverbranding en koolstofafvang

- Drie technologieën worden als meest geschikt beschouwd op korte tot middellange termijn: amine-absorptie, polymeermembranen en cryogene afvang, alle drie geschikt voor “relatief verdunde ($\approx 10\text{--}12\%$ CO₂) en zuurstofrijke rookgassen” van AVI’s.
- Amine gebaseerde systemen zijn de meest volwassen optie, met hoge afvangrendementen en goede integratie met lagedrukstoom, maar met een hoge thermische energiebehoefte en aandacht voor oplosmiddelaafbraak.
- Membraansystemen bieden modulariteit, een compacte voetafdruk en een volledig elektrische werking, maar vereisen adequate voorbehandeling en soms meerfasige configuraties om de gewenste zuiverheid te behalen.

Over afvalverbranding en koolstofafvang

- Drie technologieën worden als meest geschikt beschouwd op korte tot middellange termijn: amine-absorptie, polymeermembranen en cryogene afvang, alle drie geschikt voor “relatief verdunde ($\approx 10\text{--}12\%$ CO_2) en zuurstofrijke rookgassen” van AVI's.
- Amine gebaseerde systemen zijn de meest volwassen optie, met hoge afvangrendementen en goede integratie met lagedrukstoom, maar met een hoge thermische energiebehoefte en aandacht voor oplosmiddelaafbraak.
- Membraansystemen bieden modulariteit, een compacte voetafdruk en een volledig elektrische werking, maar vereisen adequate voorbehandeling en soms meerfasige configuraties om de gewenste zuiverheid te behalen.
- Cryogene afvang levert van nature “zeer zuivere vloeibare CO_2 ”, is sterk elektrisch aangedreven en robuust ten opzichte van residuele NO_x/SO_x , maar vraagt een hoge elektriciteitsbehoefte en grondige droging van het rookgas.

Over afvalverbranding en koolstofafvang

Tabel 2: Map-it CCU resultaten voor clusters en rechtvaardiging

Cluster	Capaciteit × Energie	Geselecteerde technologie	Rechtvaardiging
C1	Klein × Elektriciteit	Membranen	Beste keuze voor kleinschalig gebruik, beschikbaarheid van elektriciteit en PM/H ₂ O-voorbehandeling
C2	Klein x Warmte	Amines	Volwassen, <u>warmtegestuurd</u> , compatibel met afvalwarmteterugwinning
C3	Medium × Elektriciteit	Cryogene afvang	Goed schaalbaar, tolerant ten opzichte van onzuiverheden na droging, elektrisch aangedreven
C4	Medium × Warmte	Amines	Zuinig met warmte-integratie; volwassen optie
C5	Groot x Elektriciteit	Cryogene afvang	Goed schaalbaar, tolerant ten opzichte van onzuiverheden na droging, elektrisch aangedreven
C6	Groot x Warmte	Amines	Beste keuze voor grote stromen en hoge warmtebeschikbaarheid; industriestandaard

Agenda

- Welkom
- Toelichting eindrapport:
 - Context en doelstellingen
 - Resultaten:
 - Over afvalverbranding en koolstofafvang
 - Technische performantie
 - Koolstofafvang bij Vlaamse afvalverbrandingsinstallaties
 - Economische evaluatie
 - Conclusie
- Q&A

Technische performantie

3	Technische performantie
3.1	Koolstofafvangefficiëntie, energievraag en randvoorwaarden
3.2	Samenstelling van de CO ₂ -productstroom per afvangtechnologie
3.3	CO ₂ -specificaties voor transport
3.4	Impact van CO ₂ -afvang op uitstoot
3.5	Voorbehandeling van rookgassen
3.6	Mogelijkheden voor warmte-integratie en -terugwinning
3.7	CO ₂ zuivering – zuurstofverwijdering en dehydratie
3.8	CO ₂ Conditionering en transport
3.9	Referentie CO ₂ -afvanginstallaties bij afvalverbranding
3.10	Conclusie

Technische performantie

Tabel 5: Technische kenmerken koolstofafvangtechnologieën

Technologie	CO ₂ Afvang-efficiëntie	<u>Warmte-vraag</u>	Elektriciteits-vraag	<u>Koel-water</u>	Ruimte-behoefte
-	%	GJ/tCO ₂	MWh/tCO ₂	<u>m³/tCO₂</u>	<u>m²</u>
Amines	95%	2,5	0,045	1,63 ²⁹	13.000 m ² voor 1,4 Mt/j (~ 9 m ² /kton/j)
Cryogeen	>99%	0	0,55	1 ^{33, *}	10.000 – 20.000 m ² voor 1 Mt/j (~ 15 m ² /kton/j)
Membranen	>90%	0	0,45	-NA-	4.000–5.000 m ² voor 0,1 Mt/j (inclusief <u>liquefactie</u>) (~ 45 m ² /kton/j)

**Er wordt uitgegaan van een behoefte aan 5% suppletiewater, in overeenstemming met de aanname die wordt gehanteerd voor het CO₂-vloeibaarmakingssysteem.*

Technische performantie

Tabel 6: Samenstelling van de CO₂-productstroom per afvangtechnologie

Afvangtechnologie	Amine (BASF OASE)	<u>Membraan</u> (MTR)	Cryogeen
CO ₂ [%]	> 99,9	90	> 99,9
H ₂ O [%]	Afhankelijk	6-8	~0
N ₂ [%]	<u>sporen</u> (<< 0.1%)	1-2	-NA-
O ₂ [<u>ppmv</u>]	0 – 100	1-2%	-NA-
Ar [%]	Sporen	Sporen	<u>sporen</u>

Technische performantie

■ CO₂-specificaties voor transport:

Voor aansluiting op CO₂-transportnetwerken (zoals *Antwerp@C*, *Porthos* en *Northern Lights*) zijn strenge specificaties nodig, vooral voor water en zuurstof—waardoor grondige dehydratatie en zuurstofverwijdering essentieel zijn, vooral bij amine- en membraansystemen.

Tabel 7: CO₂-specificaties van verschillende projecten

Component	Antwerp@C – Gasvormig CO ₂	Antwerp@C – Vloeibaar CO ₂	Porthos – Dichte fase (Pijplijn)	Northern Lights – Vloeibaar CO ₂
CO ₂ zuiverheid (mol%)	95–100	95–100	≥ 95%	≥ 99,81
Water (H ₂ O)	< 50 ppm	< 30 ppm	≤ 70 ppm	≤ 30 ppm
Zuurstof (O ₂)	< 40 ppm	< 10 ppm	≤ 40 ppm	≤ 10 ppm
Stikstof (N ₂)	< 2,4% mol	< 100 ppm	≤ 2,4%	≤ 50 ppm
Waterstof (H ₂)	< 0,75% mol	< 50 ppm	≤ 0,75%	≤ 50 ppm
Methaan (CH ₄)	< 0,15% mol	< 0,5% mol	≤ 1%	≤ 100 ppm
Koolstofmonoxide (CO)	< 100 ppm	< 100 ppm	≤ 750 ppm	≤ 100 ppm
Ammoniak (NH ₃)	< 3 ppm	< 10 ppm	≤ 3 ppm	≤ 10 ppm
TOC	< 10 ppm	< 10 ppm	≤ 10 ppm	≤ 10 ppm
PM/stof	Niet detecteerbaar	< 1 µm	Niet detecteerbaar	≤ 1 µm

Technische performantie

Tabel 10: Referentie CO₂-afvanginstallaties

Referentie installaties:

Project / installatie	Lokatie	Status & start	Schaal	Technologie / leverancier	CO ₂ bestemming & opmerkingen
AVR Duiven	Duiven, Netherlands	Operationeel sinds Aug 2019	~60–100 ktCO ₂ /j uit AVI rookgas	amine-gebaseerd CCU systeem	CO ₂ wordt gezuiverd en gebruikt in nabijgelegen broeikassen (tuinbouw); eerste grootschalige koolstofafvang bij AVI in Europa (AVR - Too good to waste)
<u>Klemetsrud / Hafslund Oslo Celsio</u>	Oslo, Norway	Finale investeringsbeslissing genomen; project hervat in 2025. Huidig doel is operationeel in Q3 2029 (eerdere communicaties vermeldde 2026).	Tot ~400 ktCO ₂ /j	Full-scale CCS met Aker Solutions + SLB Capturi	CO ₂ naar Northern Lights transport & opslag; Bedoeld als één van de eerste full-scale AVI CCS installaties wereldwijd (kommunikasjon.ntb.no)
<u>Twence CCU (Hengelo)</u>	Netherlands	<u>Besteld /</u> geleverd (eerste modulair Capturi installatie)	~100 ktCO ₂ /j	SLB Capturi "Just Catch™" aminegebaseerde afvang + liquefactie	Food-grade CO ₂ geleverd aan regionale broeikassen/voedingssector; modulair AVI CCU referentie. (capturi.slb.com)
<u>Vardar Varme bio-energie (Treklyngen)</u>	<u>Hønefoss, Norway</u>	Start gepland eerste helft 2026	~80–100 ktCO ₂ /j, >90% afvang-efficiëntie	Carbon Centric afvanginstallatie op biogeen rookgas	Eerste Europese bio-energie BECCS referentie; CO ₂ van duurzame grondstoffen. (Carbon Centric)
Aarhus AVI CCS (gepland)	Aarhus, Denmark	Pre-engineering lopende; afhankelijk van Deense CCS fondsen	~435 ktCO ₂ /j	BASF OASE® blue amine technologie (ANDRITZ licentie)	CO ₂ naar permanente opslag; <u>flagship</u> grootschalige AVI CCS. (basf.com)
<u>Polaris membraan afvang (regionale AVI)</u>	Taiwan	Demo installatie tegen einde 2025 bij <u>solventen-verbrandingsinstallatie</u> site; AVI als volgende gepland	Piloot/eerste op commerciële schaal; grotere AVI eenheden gepland	MTR Polaris™ membraan	Nog niet op AVI, maar geselecteerd als route om toekomstige AVI afvang in Taiwan; demonstreert membraan route op weg naar implementatie. (mtrccs.com)

Technische performantie

Conclusies:

- Hoge afvangpercentages zijn technisch haalbaar (~90–99%); de grootste uitdaging is het retrofit opbouwen van een volledige CO₂-waardeketen, van rookgassen tot transport naar opslag of gebruik.
- De vorm van energie is bepalend: amines vereisen grote hoeveelheden lagedrukstoom, terwijl cryogene en membraansystemen bijna volledig door elektriciteit worden aangedreven.
- Ruimtebeperkingen verschillen sterk: membranen hebben de grootste specifieke voetafdruk, terwijl amines en cryogene eenheden compacter zijn; bij beperkte ruimte kan dit doorslaggevend zijn.
- De integratie van CO₂-afvang hangt af van zowel de installatie als de beoogde eindbestemming van de CO₂, waardoor technologiekeuze altijd geval-specifiek is en rekening moet houden met de lokale context.
- Internationale referenties tonen dat aminegebaseerde technologie al commercieel toegepast wordt, terwijl membraansystemen in opstart zijn; CO₂-afvang bij AVI's is niet langer theoretisch, al zullen full-scale projecten nog kinderziektes kennen.

Agenda

- Welkom
- Toelichting eindrapport:
 - Context en doelstellingen
 - Resultaten:
 - Over afvalverbranding en koolstofafvang
 - Technische performantie
 - Koolstofafvang bij Vlaamse afvalverbrandingsinstallaties
 - Economische evaluatie
 - Conclusie
- Q&A

Koolstofafvang bij Vlaamse AVI's

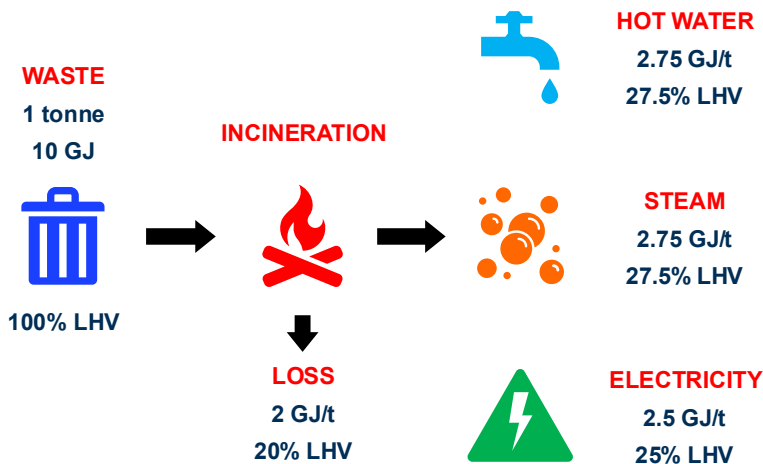
= toepassing van CC op Vlaamse AVI's

- Allocatie van technologie op basis van capaciteit en energie-integratiepotentieel

Koolstofafvang bij Vlaamse AVI's

= toepassing van CC op Vlaamse AVI's

- Allocatie van technologie op basis van capaciteit en energie-integratiepotentieel



- Allocatie van technologie per installatie rekening houdend met een maximale terugwinbare energie-envelop ($\approx 80\%$ van de stookwaarde), waarvan de reeds gevaloriseerde energie wordt afgetrokken om het potentiële energie-aanbod voor CO₂-afvang te bepalen.
- De terugwinbare energie-envelop = theoretisch 25% elektriciteit en 55% thermische energie uit afval terugwinnen
- De energiedekking toont dat de meeste AVI's een aanzienlijk deel van de warmtebehoefte voor amine-afvang intern kunnen leveren, terwijl de elektriciteitsdekking meestal lager blijft, waardoor volledige elektrische afvangroutes beperkter zijn zonder extra stroomvoorzieningen.

Koolstofafvang bij Vlaamse AVI's

	Plant	Capacity (kt/y)	Energy type
1	IMOG	56	Heat
2	IVBO	194	Heat
3	IVOO	71	Heat
4	MIROM	68	Electricity
5	IVAGO	99	Electricity
6	IVM	97	Heat
7	ISVAG	99	Heat
8	BIOSTOOM (B)	236	Heat
9	INDAVER (D)	459	Heat
10	SLECO	615	Heat
11	BIOSTOOM (O)	164	Heat
12	STORA ENSO	390	Heat

Capacity Levels
Small: < 100 kt/y
Medium: 100 - 200 kt/y
Large: ≥ 200 kt/y
Energy Type
Heat
Electricity

Figuur 14: Classificatie van AVI's op reële capaciteit in 2024 en energietype

Koolstofafvang bij Vlaamse AVI's

Tabel 15: Koolstofafvangpotentieel en energiebehoeften Vlaamse AVI'S (Aminetechnologie, membraantechnologie)

	Plant	CO ₂ (t/y)	Total CO2 captured (t/y)	Total stack CO2 (t/y)	Heat demand (GJ/y)	Electricity demand (MWh/y)	Spatial footprint (m ²)	Steam coverage (%)	Electricity coverage (%)
1	IMOG	61.885	58.791	3.094	146.977	2.646	546	71%	56%
2	IVBO	212.874	202.230	10.644	505.576	9.100	1.878	49%	46%
3	IVOO	78.364	74.446	3.918	186.115	3.350	691	75%	58%
4	MIROM	74.645	67.180	7.464	0	30.231	3.023	38%	101%
5	IVAGO	108.827	97.945	10.883	0	44.075	4.408	52%	86%
6	IVM	106.545	101.218	5.327	253.044	4.555	940	70%	17%
7	ISVAG	108.358	102.940	5.418	257.350	4.632	956	100%	28%
8	BIOSTOOM BERINGEN	259.491	246.517	12.975	616.291	11.093	2.289	101%	30%
9	INDAVER (D)	504.887	479.642	25.244	1.199.106	21.584	4.454	83%	20%
10	SLECO	676.287	642.472	33.814	1.606.181	28.911	5.966	74%	20%
11	BIOSTOOM OOSTENDE	179.989	170.989	8.999	427.473	7.695	1.588	80%	0%
12	STORA ENSO	429.402	407.931	21.470	1.019.829	18.357	3.788	72%	6%

Agenda

- Welkom
- Toelichting eindrapport:
 - Context en doelstellingen
 - Resultaten:
 - Over afvalverbranding en koolstofafvang
 - Technische performantie
 - Koolstofafvang bij Vlaamse afvalverbrandingsinstallaties
 - Economische evaluatie
 - Conclusie
- Q&A

Economische evaluatie

Kostenrekentool en kostenberekening:

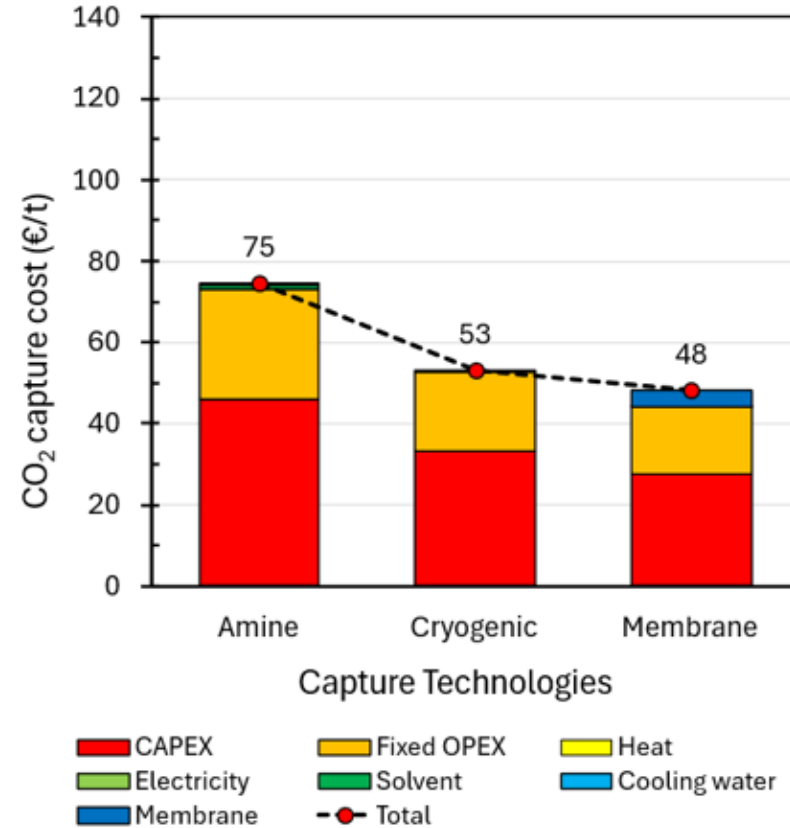
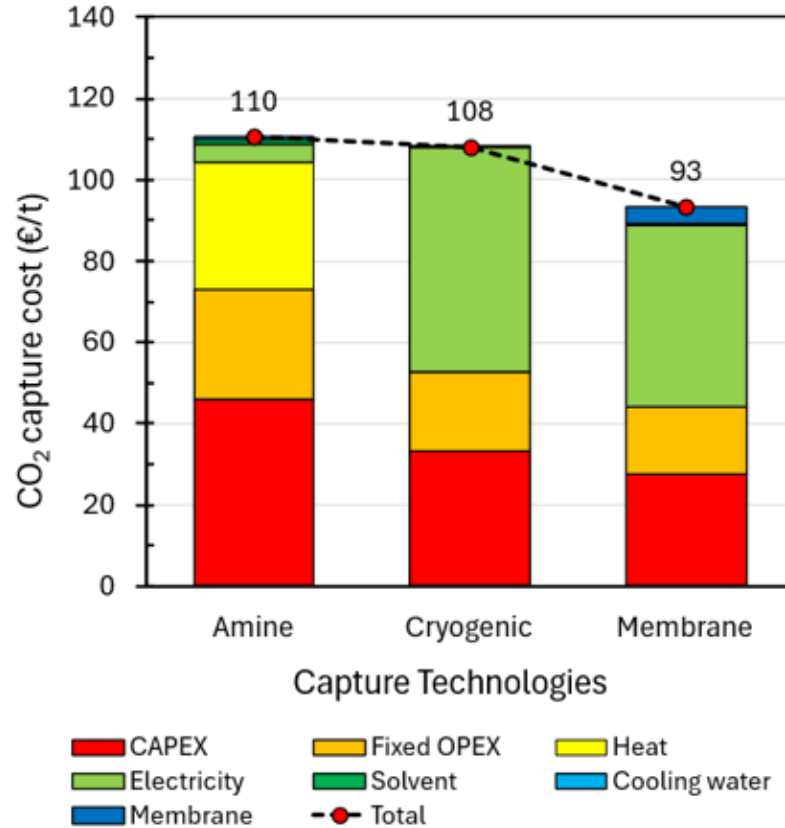
- De economische evaluatie kwantificeert zowel kosten van afvang als potentiële baten binnen evoluerende koolstofprijstructuuren, via een rekentool die CAPEX, OPEX en systeemimpacten voor amines, cryogene en membraansystemen inschat.
- Een correcte economische beoordeling vereist het meenemen van de volledige CO₂-waardeketen (voorbehandeling, zuivering, conditionering, transport, opslag), die extra tientallen euro per ton CO₂ kan toevoegen.

Economische evaluatie

- Kostenberekening via tool

CAPTURE COST BREAKDOWN				
	Units	Amine	Cryogenic	Membrane
CAPEX	€/tCO ₂	45,9	33,3	27,7
Variable OPEX	€/tCO ₂	37,4	55,3	49,5
Heat	€/tCO ₂	31,3	0	0
Electricity	€/tCO ₂	4,5	55	45
Cooling water	€/tCO ₂	0,49	0,3	0,3
Solvent	€/tCO ₂	1,2	0	0
Membrane	€/tCO ₂	0	0	4,2
Fixed OPEX	€/tCO ₂	27,1	19,7	16,3
OPEX	€/tCO ₂	64,6	75,0	65,8
CO₂ Capture Cost	€/tCO ₂	110	108	93

Economische evaluatie



Figuur 17: Vergelijking van de koolstofafvangkost per technologie bij energie aan marktprijs en benutting van restenergie on-site (geen energiekost)

Economische evaluatie

Volledige waardeketen

Tabel 16: Kostenelementen in de CCUS waardeketen

Stap in de waardeketen	Eenheid	Gemiddelde	Laag	Hoog
Direct Contact <u>Cooling</u>	€/tCO ₂	4,5	4	5
<u>Desulfurisatie</u>	€/tSO ₂	550	400	700
<u>DeNOx (SCR)</u>	€/tNO _x	2.572,5	2.480	2.665
Rookgas Dehydratie	€/tCO ₂	8,3	8,3	8,3
CO ₂ Dehydratie	€/tCO ₂	1,035	0,69	1,38
CO ₂ <u>Deoxygenatie</u>	€/tCO ₂	2,715	2,01	3,42
CO ₂ Compressie en Koeling	€/tCO ₂	14	13	15
CO ₂ <u>Liquefactie</u>	€/tCO ₂	14,5	14	15
CO ₂ Transport (<u>pijplijn</u>)	€/tCO ₂ /km	0,025	0,02	0,03
CO ₂ Transport (schip)	€/tCO ₂ /km	0,0745	0,066	0,083
CO ₂ Transport (truck)	€/tCO ₂ /km	0,145	0,14	0,15

Economische evaluatie

Wanneer wordt CO₂-afvang economisch rendabel?

Break-even ETS-voorwaarden:

- De huidige EU ETS-prijs is niet toereikend om de kosten van CO₂-afvang te compenseren; break-even ETS-niveaus van 179–211 €/tCO₂ zijn vereist.

		Amine	Cryogenic	Membrane
BREAK-EVEN ETS & AVOIDANCE COST ANALYSIS				
CO ₂ capture efficiency	%	95%	99%	90%
CO ₂ emissions per t waste	tCO ₂ /t-waste	1,1	1,1	1,1
Current ETS price	€/tCO ₂	80	80	80
Biogenic CO ₂ fraction	%	47,7%	47,7%	47,7%
CO ₂ capture cost (or full value chain cost)	€/tCO ₂	110,5	108,2	93,5
Total CO ₂ captured per t waste	tCO ₂ /t-waste	1,05	1,09	0,99
Total residual CO ₂ per t waste	tCO ₂ /t-waste	0,06	0,01	0,11
Fossil CO ₂ captured per t waste	tCO ₂ /t-waste	0,55	0,57	0,52
Fossil residual CO ₂ per t waste	tCO ₂ /t-waste	0,03	0,01	0,06
Biogenic CO ₂ captured per t waste	tCO ₂ /t-waste	0,50	0,52	0,47
Biogenic residual CO ₂ per t waste	tCO ₂ /t-waste	0,03	0,01	0,05
Added cost per t waste due to capture	€/t-waste	115,5	117,9	92,5
Added cost per t waste due to ETS on fossil residual emissions	€/t-waste	2,3	0,5	4,6
Total added cost per t waste due to capture	€/t-waste	117,8	118,3	97,1
Total added cost per t waste due to ETS cost in the no-capture scenario	€/t-waste	46,0	46,0	46,0
Difference between total cost with capture and baseline ETS-only cost	€/t-waste	71,7	72,3	51,1
Break-even ETS price	€/tCO ₂	211,2	207,0	178,7
Cost per CO ₂ avoided	€/tCO ₂	68,6	66,4	51,6

Economische evaluatie

Wanneer wordt CO₂-afvang economisch rendabel?

Biogene koolstofverwijdering:

- CRCF biedt potentiële inkomsten voor biogene CO₂-verwijdering, wat de businesscase kan versterken, al blijft dit ontoereikend om CO₂-afvang economisch rendabel te maken zonder bijkomende incentives.

		Amine	Cryogenic	Membrane
CARBON REMOVALS AND CARBON FARMING (CRCF)				
CO ₂ captured per t waste	tCO ₂ /t-waste	1.05	1.09	0.99
Assumed CRCF price	€/tCO ₂	80	80	80
Biogenic CO ₂ fraction (qualify for CRCF)	%	47.7%	47.7%	47.7%
Biogenic CO ₂ captured per t waste	tCO ₂ /t-waste	0.50	0.52	0.47
Potential CRCF-removal revenue	€/t-waste	39.9	41.6	37.8
Net cost added per t waste	€/t-waste	77.9	76.8	59.4
Effective cost per t captured	€/tCO ₂	74.5	70.5	60.0
Effective cost per t biogenic removal	€/tCO ₂	156.2	147.8	125.7
Breakeven ETS price when CRCF are considered	€/tCO ₂	142.5	134.8	114.7

Figuur 20: Beoordelingsresultaten voor koolstofverwijdering en koolstoflandbouw (CRCF)

Economische evaluatie

Conclusie:

- Koolstofafvang bij AVI's komt met een aanzienlijke meerkost en vereist een beleidskader dat investeringen mogelijk maakt zonder de reguliere werking te hypothekeren, en moet worden afgewogen tegen maatregelen om de productie van brandbaar afval stroomopwaarts te reduceren.

Agenda

- Welkom
- Toelichting eindrapport:
 - Context en doelstellingen
 - Resultaten:
 - Over afvalverbranding en koolstofafvang
 - Technische performantie
 - Koolstofafvang bij Vlaamse afvalverbrandingsinstallaties
 - Economische evaluatie
 - Conclusie
- Q&A

Conclusie

- CO₂-afvangtechnologieën (amine-wassing, cryogene scheiding, membranen) zijn technisch bewezen, kunnen hoge afvangpercentages (90–99%) realiseren en komen in aanmerking voor toepassing bij Vlaamse AVI's op korte tot middellange termijn; de grootste uitdaging is het retrofit opbouwen van een volledige CO₂-waardeketen.

Conclusie

- CO₂-afvangtechnologieën (amine-wassing, cryogene scheiding, membranen) zijn technisch bewezen, kunnen hoge afvangpercentages (90–99%) realiseren en komen in aanmerking voor toepassing bij Vlaamse AVI's op korte tot middellange termijn; de grootste uitdaging is het retrofit opbouwen van een volledige CO₂-waardeketen.
- Energievereisten verschillen sterk per technologie: amines vragen veel lagedrukstoom, cryogene en membraansystemen vooral elektriciteit; beschikbaarheid van restwarmte of goedkope energie beïnvloedt kostenefficiëntie en technologiekeuze, waarbij OPEX domineert bij marktprijzen en CAPEX domineert bij interne energievoorziening.

Conclusie

- CO₂-afvangtechnologieën (amine-wassing, cryogene scheiding, membranen) zijn technisch bewezen, kunnen hoge afvangpercentages (90–99%) realiseren en komen in aanmerking voor toepassing bij Vlaamse AVI's op korte tot middellange termijn; de grootste uitdaging is het retrofit opbouwen van een volledige CO₂-waardeketen.
- Energievereisten verschillen sterk per technologie: amines vragen veel lagedrukstoom, cryogene en membraansystemen vooral elektriciteit; beschikbaarheid van restwarmte of goedkope energie beïnvloedt kostenefficiëntie en technologiekeuze, waarbij OPEX domineert bij marktprijzen en CAPEX domineert bij interne energievoorziening.
- Ruimtevereisten kunnen doorslaggevend zijn: membranen hebben de grootste voetafdruk, terwijl amine- en cryogene units compacter zijn.

Conclusie

- CO₂-afvangtechnologieën (amine-wassing, cryogene scheiding, membranen) zijn technisch bewezen, kunnen hoge afvangpercentages (90–99%) realiseren en komen in aanmerking voor toepassing bij Vlaamse AVI's op korte tot middellange termijn; de grootste uitdaging is het retrofit opbouwen van een volledige CO₂-waardeketen.
- Energievereisten verschillen sterk per technologie: amines vragen veel lagedrukstoom, cryogene en membraansystemen vooral elektriciteit; beschikbaarheid van restwarmte of goedkope energie beïnvloedt kostenefficiëntie en technologiekeuze, waarbij OPEX domineert bij marktprijzen en CAPEX domineert bij interne energievoorziening.
- Ruimtevereisten kunnen doorslaggevend zijn: membranen hebben de grootste voetafdruk, terwijl amine- en cryogene units compacter zijn.
- Amines zijn al commercieel toegepast bij AVI's internationaal, terwijl cryogene en membraansystemen nog in opstartfase zitten; full-scale projecten moeten zich nog bewijzen en zullen gepaard gaan met kinderziektes.

Conclusie

- CO₂-afvangtechnologieën (amine-wassing, cryogene scheiding, membranen) zijn technisch bewezen, kunnen hoge afvangpercentages (90–99%) realiseren en komen in aanmerking voor toepassing bij Vlaamse AVI's op korte tot middellange termijn; de grootste uitdaging is het retrofit opbouwen van een volledige CO₂-waardeketen.
- Energievereisten verschillen sterk per technologie: amines vragen veel lagedrukstoom, cryogene en membraansystemen vooral elektriciteit; beschikbaarheid van restwarmte of goedkope energie beïnvloedt kostenefficiëntie en technologiekeuze, waarbij OPEX domineert bij marktprijzen en CAPEX domineert bij interne energievoorziening.
- Ruimtevereisten kunnen doorslaggevend zijn: membranen hebben de grootste voetafdruk, terwijl amine- en cryogene units compacter zijn.
- Amines zijn al commercieel toegepast bij AVI's internationaal, terwijl cryogene en membraansystemen nog in opstartfase zitten; full-scale projecten moeten zich nog bewijzen en zullen gepaard gaan met kinderziektes.
- Koolstofafvang is technisch haalbaar maar kostintensief; het ETS breakeven-niveau ligt ver boven de huidige ETS-prijs en blijft zonder bijkomend incentive substantieel hoger, terwijl inkomsten uit verwijdering van biogene CO₂ (CRCF) de business case kunnen versterken maar ontoereikend blijven voor economische haalbaarheid.

Conclusie

- CO₂-afvangtechnologieën (amine-wassing, cryogene scheiding, membranen) zijn technisch bewezen, kunnen hoge afvangpercentages (90–99%) realiseren en komen in aanmerking voor toepassing bij Vlaamse AVI's op korte tot middellange termijn; de grootste uitdaging is het retrofit opbouwen van een volledige CO₂-waardeketen.
- Energievereisten verschillen sterk per technologie: amines vragen veel lagedrukstoom, cryogene en membraansystemen vooral elektriciteit; beschikbaarheid van restwarmte of goedkope energie beïnvloedt kostenefficiëntie en technologiekeuze, waarbij OPEX domineert bij marktprijzen en CAPEX domineert bij interne energievoorziening.
- Ruimtevereisten kunnen doorslaggevend zijn: membranen hebben de grootste voetafdruk, terwijl amine- en cryogene units compacter zijn.
- Amines zijn al commercieel toegepast bij AVI's internationaal, terwijl cryogene en membraansystemen nog in opstartfase zitten; full-scale projecten moeten zich nog bewijzen en zullen gepaard gaan met kinderziektes.
- Koolstofafvang is technisch haalbaar maar kostintensief; het ETS breakeven-niveau ligt ver boven de huidige ETS-prijs en blijft zonder bijkomend incentive substantieel hoger, terwijl inkomsten uit verwijdering van biogene CO₂ (CRCF) de business case kunnen versterken maar ontoereikend blijven voor economische haalbaarheid.
- Beleidskaders zijn noodzakelijk om investeringen in koolstofafvang toe te laten zonder de reguliere werking van AVI's te hypothekeren, en deze end-of-pipe oplossing moet worden afgewogen tegen stroomopwaartse maatregelen om brandbaar afval te reduceren en CO₂-uitstoot te voorkomen.

Conclusie

- CO₂-afvangtechnologieën (amine-wassing, cryogene scheiding, membranen) zijn technisch bewezen, kunnen hoge afvangpercentages (90–99%) realiseren en komen in aanmerking voor toepassing bij Vlaamse AVI's op korte tot middellange termijn; de grootste uitdaging is het retrofit opbouwen van een volledige CO₂-waardeketen.
- Energievereisten verschillen sterk per technologie: amines vragen veel lagedrukstoom, cryogene en membraansystemen vooral elektriciteit; beschikbaarheid van restwarmte of goedkope energie beïnvloedt kostenefficiëntie en technologiekeuze, waarbij OPEX domineert bij marktprijzen en CAPEX domineert bij interne energievoorziening.
- Ruimtevereisten kunnen doorslaggevend zijn: membranen hebben de grootste voetafdruk, terwijl amine- en cryogene units compacter zijn.
- Amines zijn al commercieel toegepast bij AVI's internationaal, terwijl cryogene en membraansystemen nog in opstartfase zitten; full-scale projecten moeten zich nog bewijzen en zullen gepaard gaan met kinderziektes.
- Koolstofafvang is technisch haalbaar maar kostintensief; het ETS breakeven-niveau ligt ver boven de huidige ETS-prijs en blijft zonder bijkomend incentive substantieel hoger, terwijl inkomsten uit verwijdering van biogene CO₂ (CRCF) de business case kunnen versterken maar ontoereikend blijven voor economische haalbaarheid.
- Beleidskaders zijn noodzakelijk om investeringen in koolstofafvang toe te laten zonder de reguliere werking van AVI's te hypothekeren, en deze end-of-pipe oplossing moet worden afgewogen tegen stroomopwaartse maatregelen om brandbaar afval te reduceren en CO₂-uitstoot te voorkomen.

Conclusie

- CO₂-afvangtechnologieën (amine-wassing, cryogene scheiding, membranen) zijn technisch bewezen, kunnen hoge afvangpercentages (90–99%) realiseren en komen in aanmerking voor toepassing bij Vlaamse AVI's op korte tot middellange termijn; de grootste uitdaging is het retrofit opbouwen van een volledige CO₂-waardeketen.

Samenvatting:

CCUS bij AVI's is technisch uitdagend maar haalbaar en kan aanzienlijke emissiereducties opleveren, maar vergt substantiële investeringen, energie-integratie en een robuust beleidskader. Zonder sterke incentives en infrastructuur blijft afvang een dure end-of-pipe-oplossing, die moet worden afgewogen tegen upstreammaatregelen zoals afvalpreventie en recyclage.

verwijdering van biogene CO₂ (CRCF) de business case kunnen versterken maar ontoereikend blijven voor economische haalbaarheid.

- Beleidskaders zijn noodzakelijk om investeringen in koolstofafvang toe te laten zonder de reguliere werking van AVI's te hypothekeren, en deze end-of-pipe oplossing moet worden afgewogen tegen stroomopwaartse maatregelen om brandbaar afval te reduceren en CO₂-uitstoot te voorkomen.

