



‘Urban Mining’ uit afval en slib

Lopende initiatieven van HVC

Jan-Peter Born, Manager Innovatie

HVC Congres, 10 oktober 2025

hvc.
energie en hergebruik

Inhoudsopgave

Verbranding als sleepnet aan het eind van de keten

Verbranden kan – als **'last resort'** – ook leiden tot recycling en/of hergebruik:

- Intro: recycling is moeilijk maar onontkoombaar!
- Bodemas is erts en bouwstof in één
- Hergebruik waswater bodemas
- CO₂ als opstap naar circulaire producten
- Gedroogd RWZI slib is duurzaamste biomassa brandstof
- Fosfaat recycling uit SVI-as
- Hoe verder (EU lijst kritische & strategische grondstoffen)

Thema

Grondstoffen uit/na verbranding

Energie uit afval is een bekend begrip.

Grondstoffenwinning uit AVI-reststoffen verdient minstens zoveel focus

De AVI als 'grondstoffen crematorium' is een terechte term voor herbruikbaar afval

De bekende nadelen van verbranden:

- Concentratie van de onbrandbare (milieuschadelijke) stoffen
- Verhogen van de mobiliteit van zware metalen, zouten, etc.

Bieden op zichzelf ook weer hergebruiksmogelijkheden

De lezing belicht afvalverbranding als voorbereiding vóór recycling.

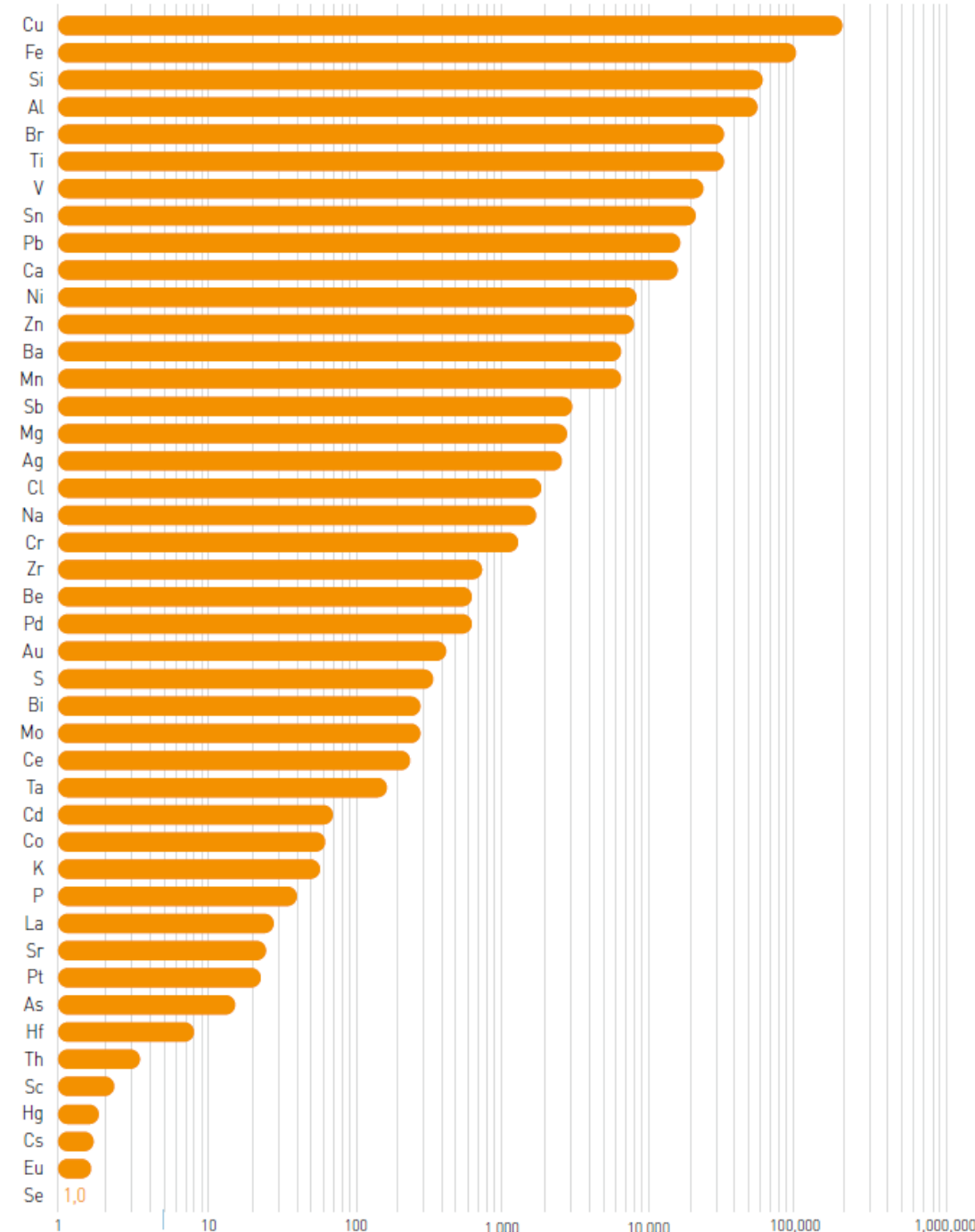
Eindproducten steeds complexer

Voorbeeld: Printplaat

Figuur geeft de (vnl. metaal) samenstelling weer van printplaten in gram per ton.

Uit deze grafiek blijkt dat het meest voorkomende metaal (Koper) ca. 13% van het gewicht van een printplaat uitmaakt.

Bron: Metal Recycling – Opportunities, Limits, Infrastructure
United Nations Environment Programme, 2013



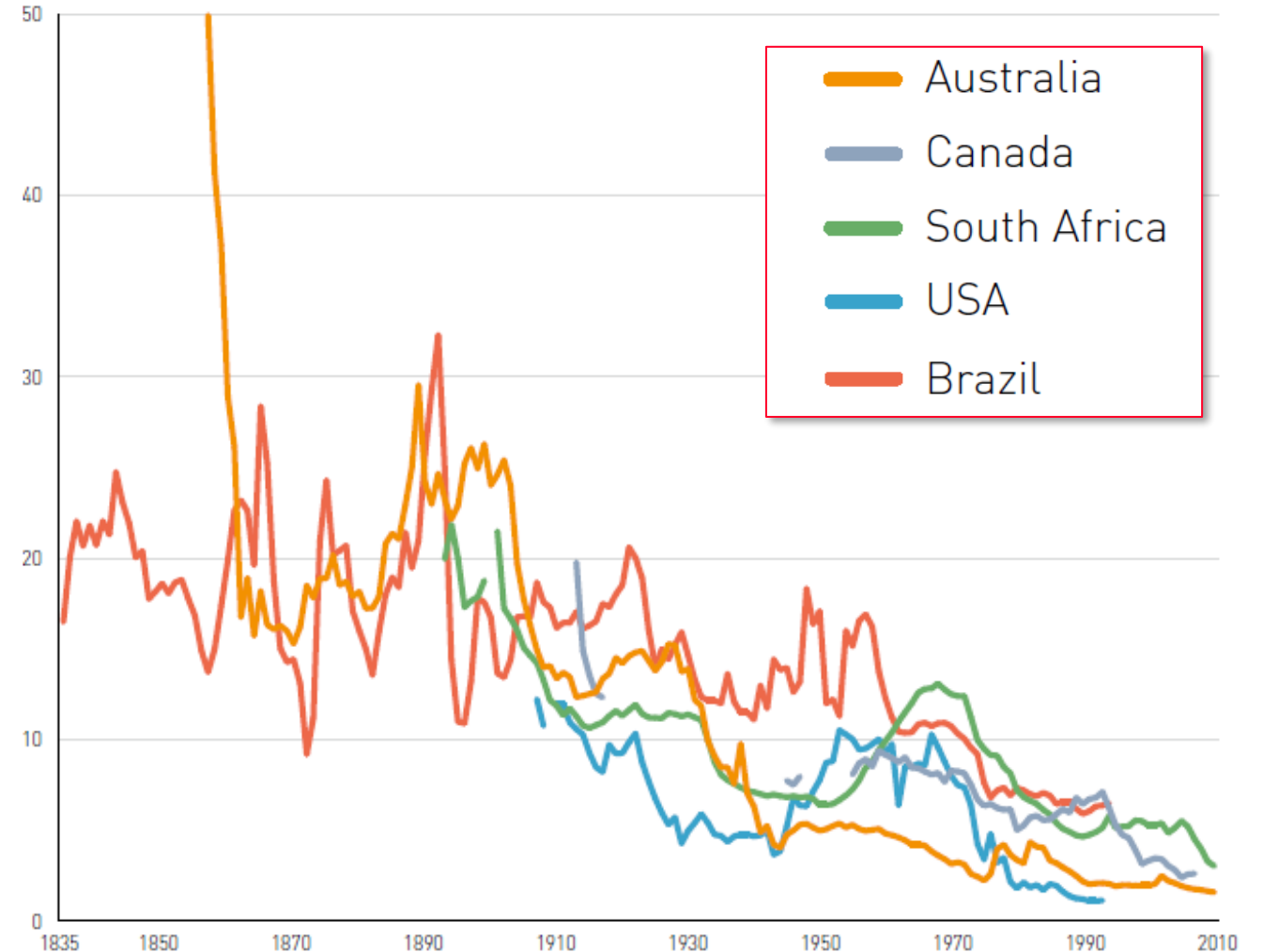
Mijnbouw steeds moeilijker

Voorbeeld: goud delving

Mijnen raken uitgeput, waardoor de kosten per eenheid gewonnen metaal oplopen.

Figuur geeft opbrengst goud in primaire mijnbouw weer (gram goud per ton boven gebracht metaal)

Bron: Metal Recycling – Opportunities, Limits, Infrastructure
United Nations Environment Programme, 2013

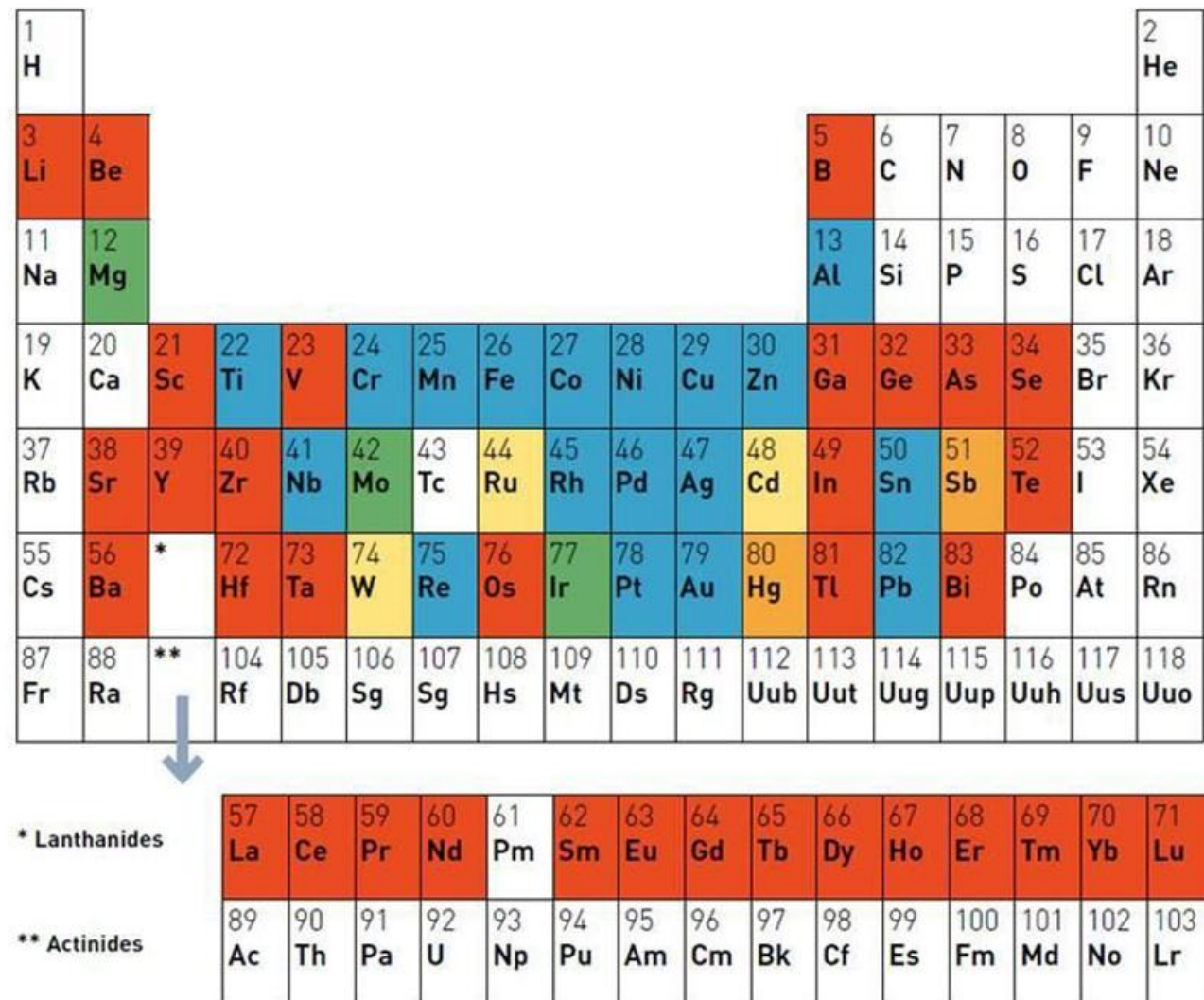


Recycling metalen

Figuur schetst percentage van functionele recycling voor 60 metalen, verdeel in gekleurde staffels.

Functionele recycling is recycling waarbij de fysische en chemische eigenschappen die het materiaal bij eerste gebruik wenselijk maakten, blijft behouden bij het hergebruik.

Bron: United Nations Environment Programme, 2011



Recycling vergt inspanning

Foto schetst een kinderkamer na een gezellig middagje spelen....

Om deze weer te ordenen is veel inspanning van volwassenen nodig

Alles in het heelal streeft naar een zo groot mogelijke chaos ('entropy')

Om dat proces tegen te gaan is inspanning (energy) nodig in de vorm van mechanische en chemische scheidingsprocessen en energie



Eva van Keuningen voor www.moodkids.nl

Urban mining

Rendabeler naarmate de 'erts' rijker is

Tussentijdse samenvatting:

- Afvalstromen worden steeds complexer
- Recycling vergt energie
- Mining (recycling) haalbaarder indien 'erts' rijker en homogener is
- Afvalverbranding leidt tot:
 - Op-concentreren
 - Materiaal waarmee mijnbouw technieken overweg kunnen

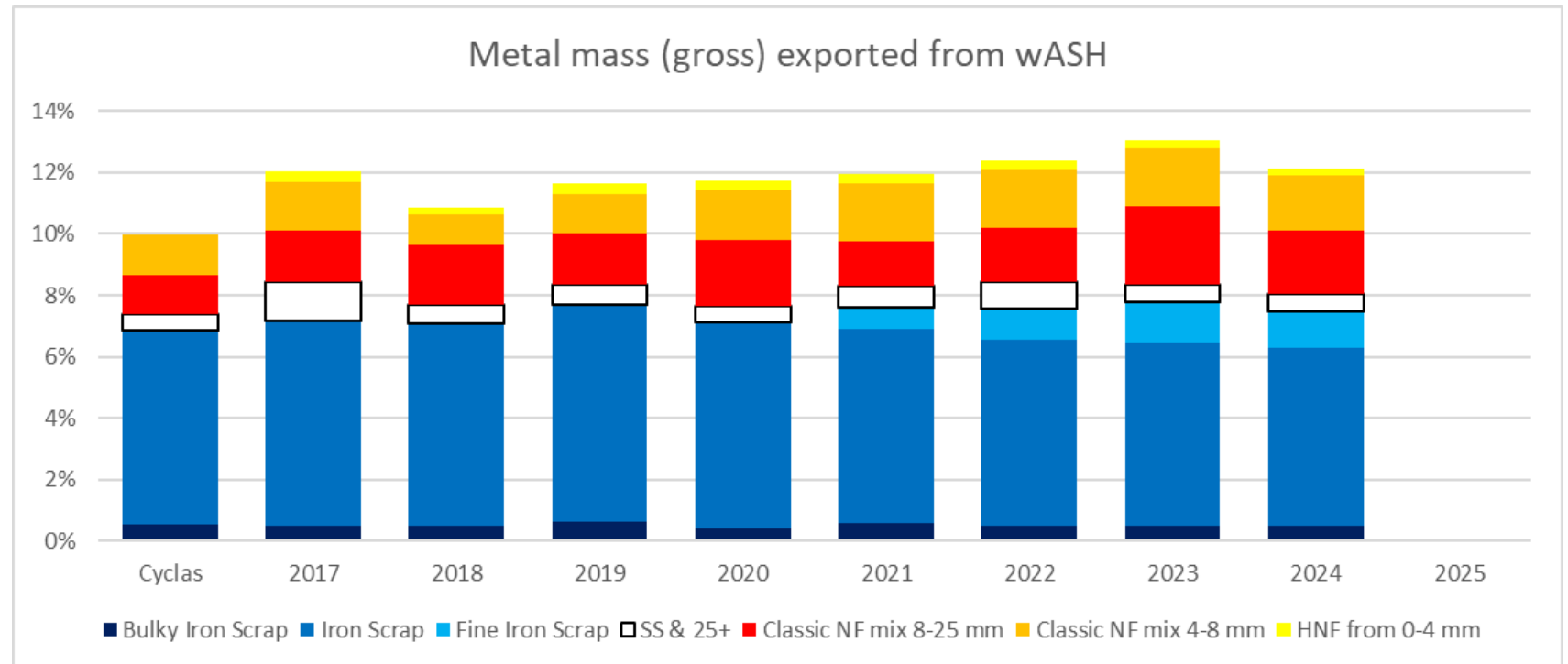
Als sleepnet, zolang upstream in de keten nog teveel lek plaatsvindt

Bodemas als erts: er ontsnapt nog (te) veel vóór in de keten!

Figuur geeft de bruto opbrengst aan metalen weer die de vof wASH (HVC en Boskalis) terugwint uit ruwe bodemas.

Daarvan produceert HVC een kwart miljoen ton/jr

(Grafiek in massa%)

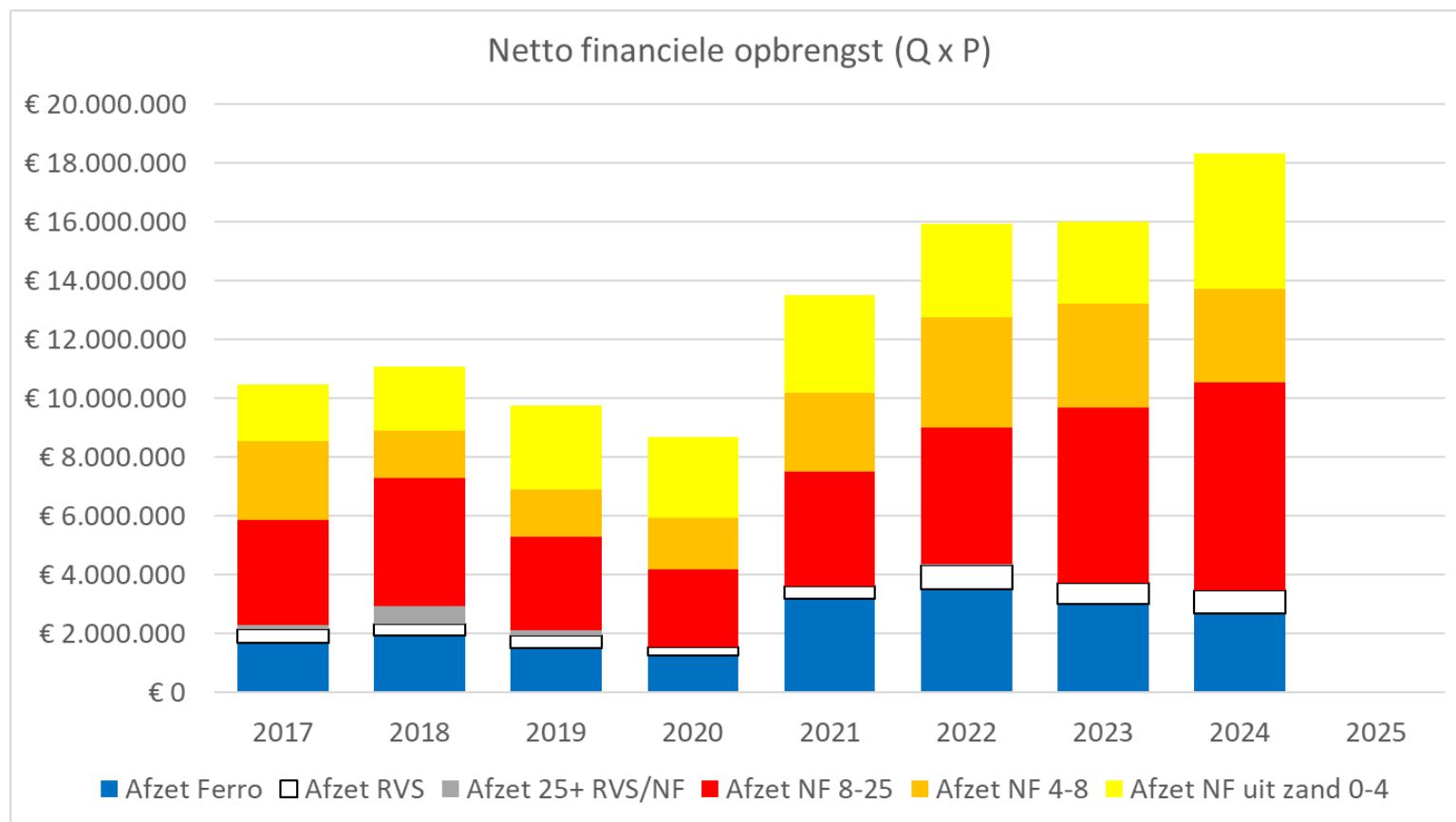


Bodemas als erts... Dat zoveel waarde de oven ingaat!

2024:
Ruim 80 kilo Goud
Bijna 2 ton zilver

Figuur geeft de netto opbrengst aan metalen weer die de vof wASH (HVC en Boskalis) terugwint uit ruwe bodemas.

In Euro.....



Bodemas als erts...

Het blijft voorlopig feest

Gold price daily close since 1969, \$



Goud blijft maar gaan

Spotprijs voor goud per troy ounce, in \$



© FD Bron: fd.nl, bloomberg

**Goudprijs deze maandag
€ 107.570 per kilo...**

hvc.

Bodemas als erts...

En het kan niet op....

Begin 2026 doen we een praktijk proef die hopelijk gaat uitwijzen wat op lab-schaal al is gedemonstreerd:

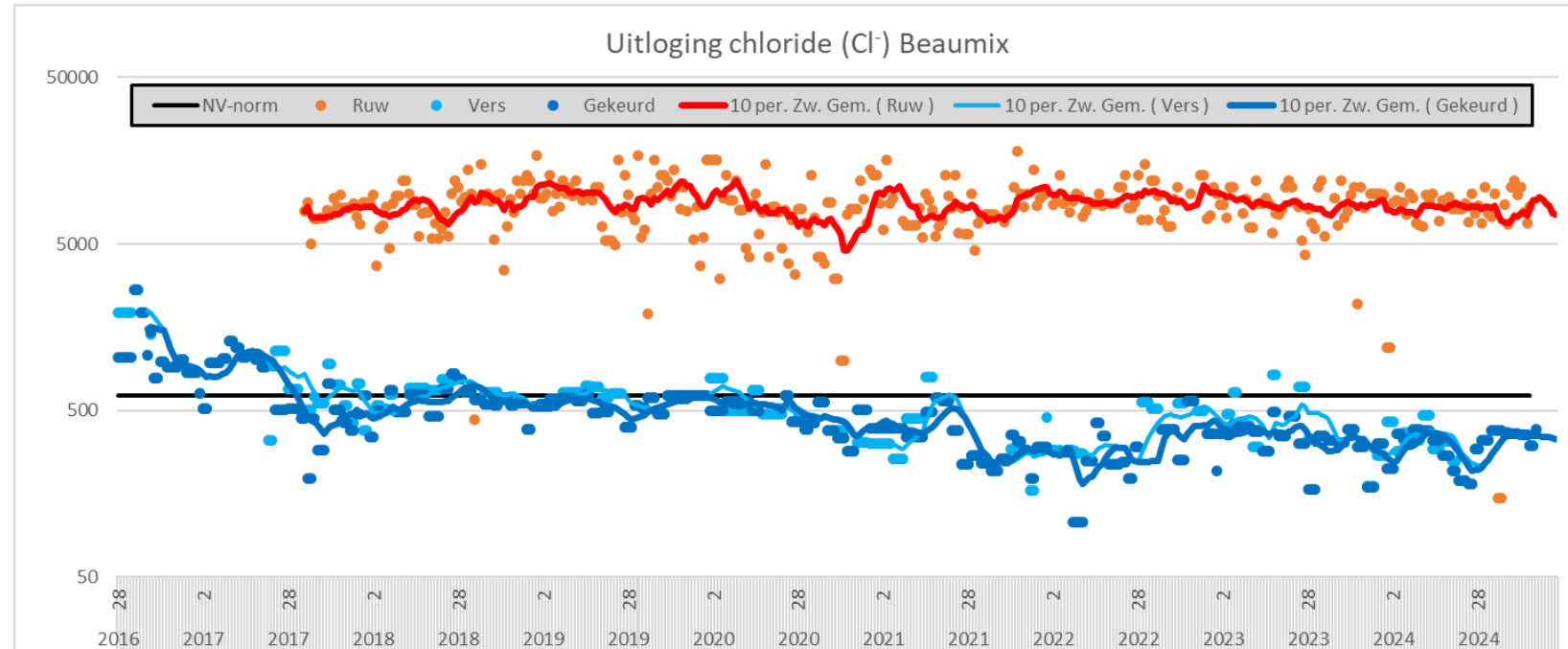
- Er kan jaarlijks uit de zand fractie ca. 263 ton extra zwaarmetaal worden teruggewonnen.
- Alsdan is dit op jaarbasis:
 - Koper: ca. 70 ton
 - Goud: ca. 10 kg
 - Zilver: ca. 150 kg
- Alsdan zijn de jaarlijkse meeropbrengsten (prijspeil oktober 2023) ca. 0,9 M€ per jaar



Bodemas als bouwstof = *'Beaumix'*

Wassen als reiniging

- HVC exploiteert sinds 10 jaar een wasinstallatie, samen met Boskalis
- Wassen verwijdert wateroplosbare fractie
- Dit is het bio-beschikbare deel, en dus giftige deel
- Chloride bij uitstek uitwasbaar
- Wassen verlaagt **chloride** uitloging met een factor 20, tot ruim onder de norm

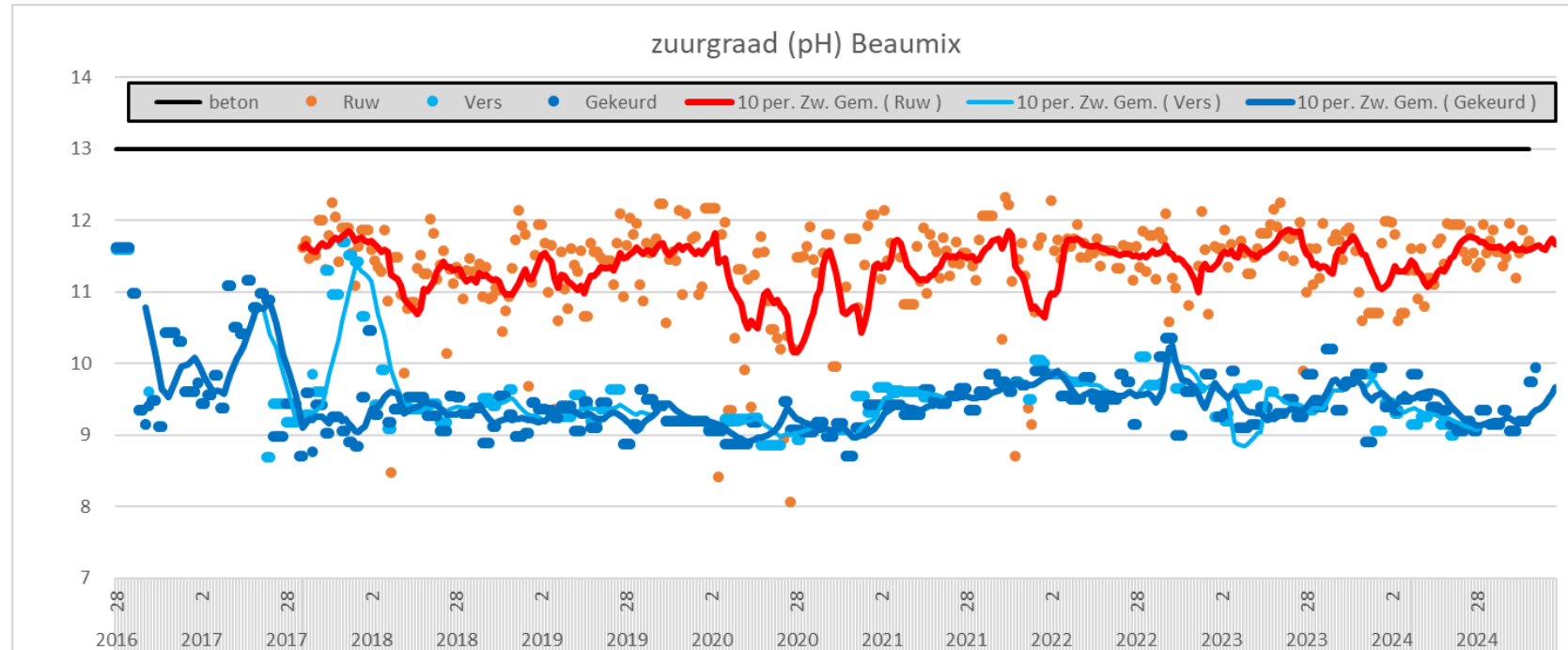


- Blauw: gewassen bodemas (donkerblauw daadwerkelijk uitgeleverd)
- Rood: bodemas voorafgaan aan wassen
- Zwarte lijn: normstelling voor bouwstoffen

Bodemas als bouwstof = *'Beaumix'*

Wassen als reiniging

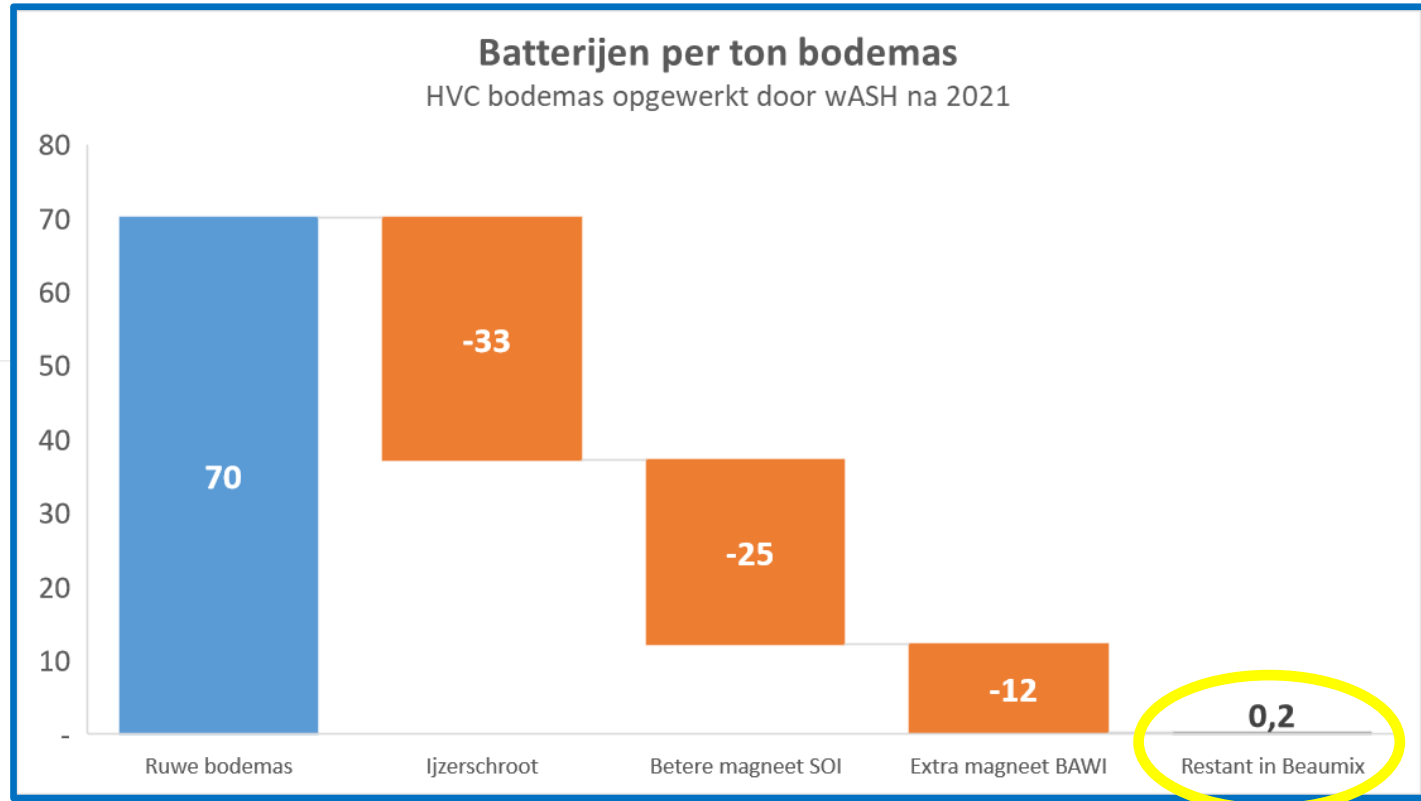
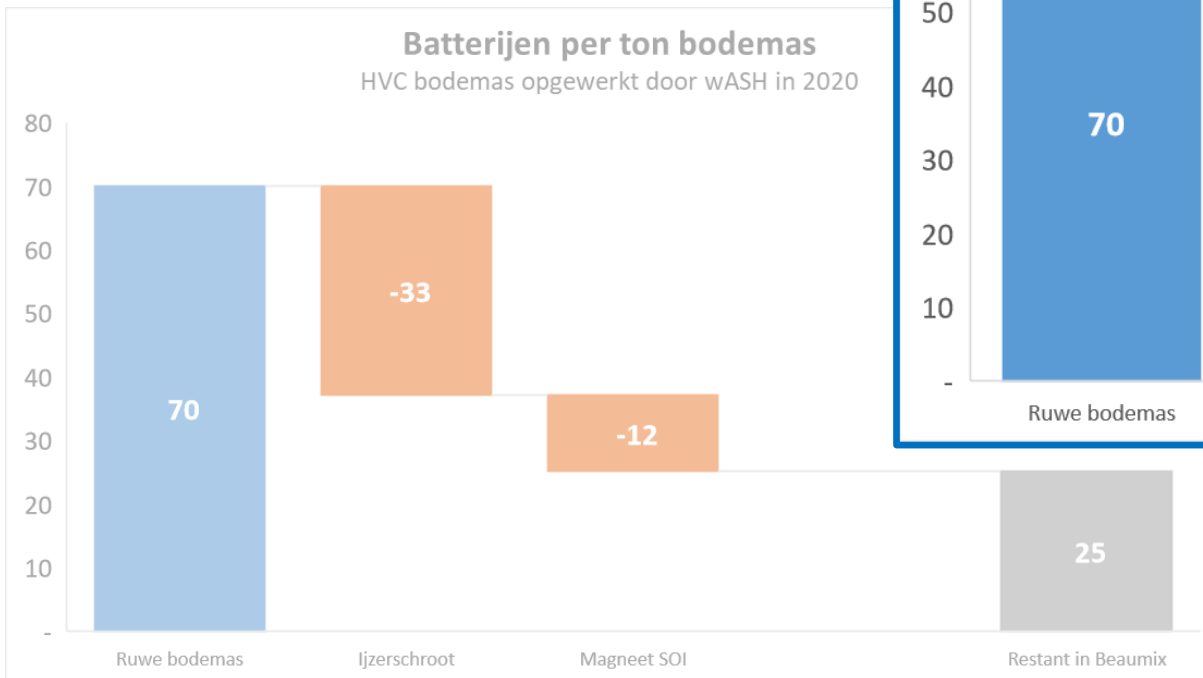
- Laatste tijd is zuurgraad (pH) van bouwstoffen in het geding, met name bij staalslakken
- Ook bodemas is erg basisch wanneer het uit de oven komt
- Er is nog geen normstelling voor zuurgraad (pH) bij
- Wassen verlaagt **pH** met een factor 100, (= 2 pH eenheden).
- De pH van Beaumix is daarmee ca. 9,5



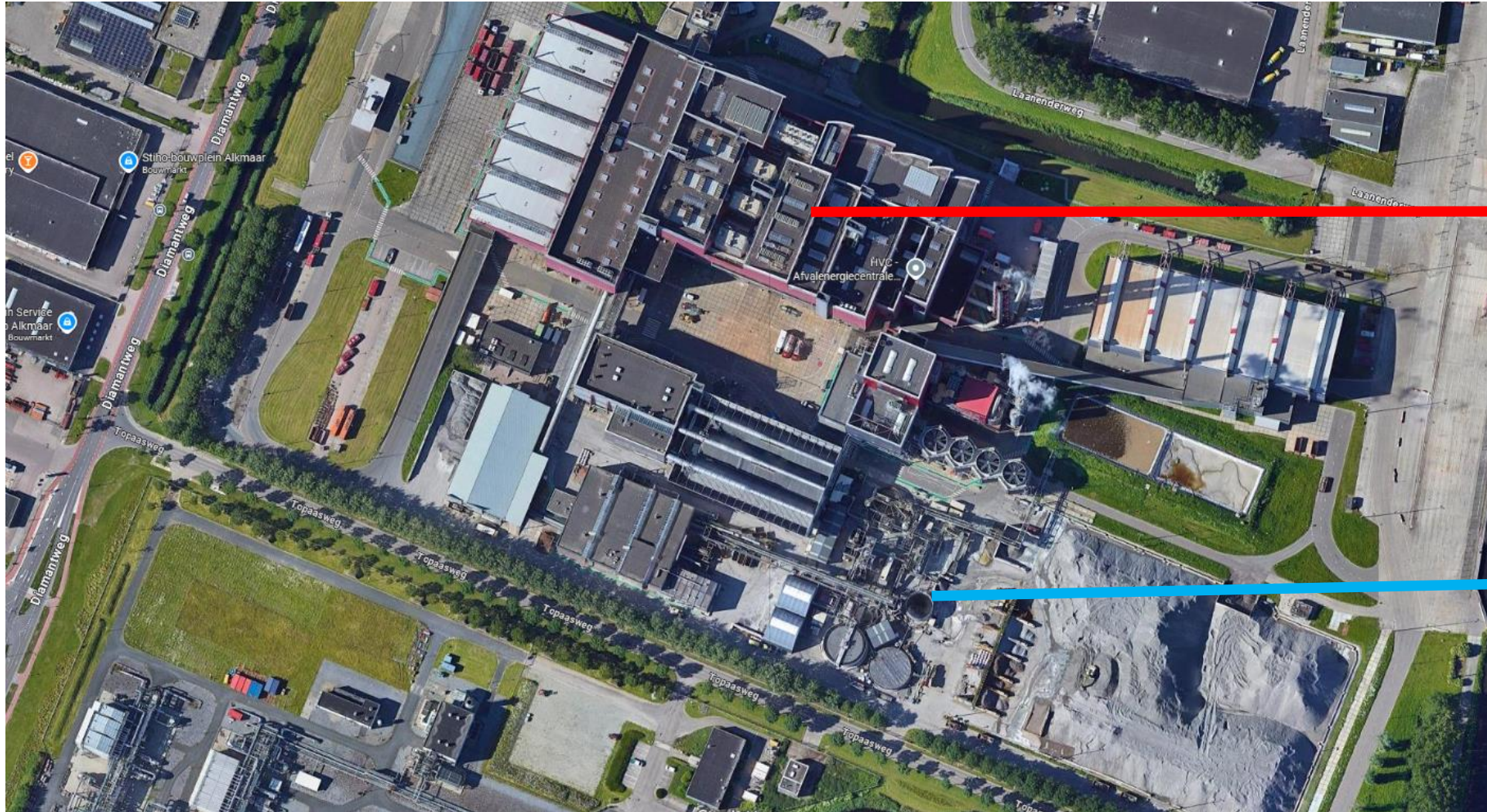
- Blauw: gewassen bodemas (donkerblauw daadwerkelijk uitgeleverd)
- Rood: bodemas voorafgaan aan wassen
- Zwarte lijn: normstelling voor bouwstoffen

Kwaliteitsborging Beaumix

Optimalisatie afscheiding batterijen



Hergebruik waswater wASH in Alkmaar



AVI

wASH



Hergebruik waswater wASH

Rookgas wassen met eigen afvalwater

AVI Alkmaar

- HVC Alkmaar neemt **kanaalwater** in en onthardt dit om er rookgas mee te wassen
- Dit water neemt zware metalen en **zuren** uit de rookgassen op
- Dit zure afvalwater neutraliseren we met **(on)gebluste kalk**
- Resultierend neutraal afvalwater leidt via sproeidrogen tot een **droogafvalzout**

wASH Alkmaar

- wASH neemt **polderwater** in en gebruikt dit om – sterk basische – AVI-bodemas te wassen
- Dit water neemt zware metalen en **basen** op uit de bodemas
- Dit basische afvalwater neutraliseren we met **Salpeterzuur**
- Met Reversed Osmose zetten wASH dit neutraal afvalwater om in 80% zoet water (hergebruik) en **20% zoute brijn**



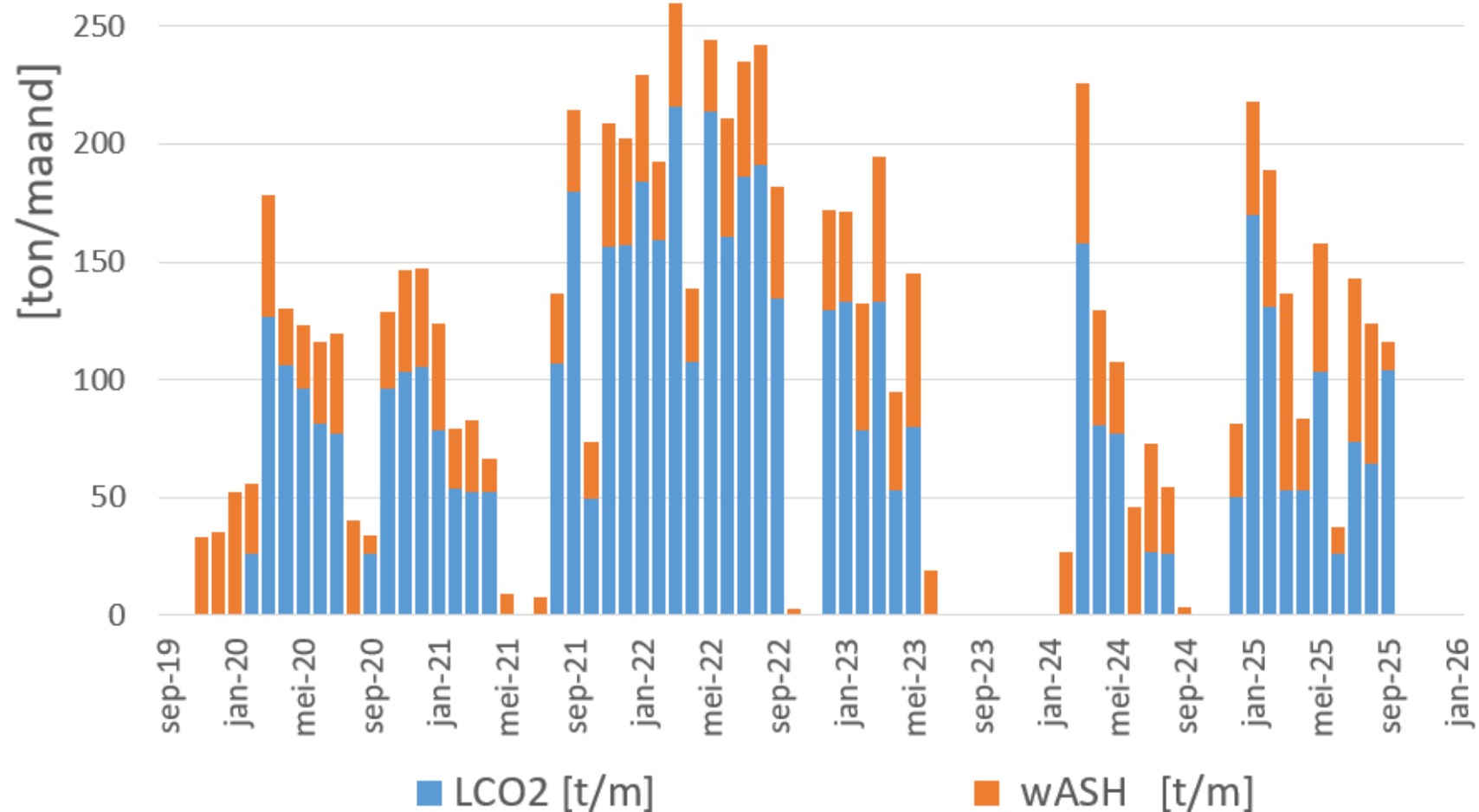
Hergebruik waswater wASH

Milieurendement kan ook profijtelijk zijn!

Extrapolatie o.b.v. proefnemingen Lijn 1	Ton/jaar	reductie	reductie	reductie	tarief	Besparingen
HVC			(in ton/jr)	(in ton CO2/jr)	(€/ton)	(in k€/jr)
Inname kanaalwater	330.000	25%	81.000	n.v.t.	?	€ -
Aankoop CaO	1.000	1%	6	7,3	€ 140,00	€ 1
Aankoop NaOH (50%)	2.250	1%	18	20,3	€ 315,00	€ 6
Aankoop NaCl (broxo)	300	25%	74	14,7	€ 223,00	€ 16
Onderhoud ontslakkers				n.v.t.		
Afvoer sproeidroog zout	7.000	-13%	-883	-128,8	€ 173,00	€ -153
Hogere drukval DaGaVo	onduidelijk	onduidelijk	onduidelijk	onduidelijk	onduidelijk	onduidelijk
Verandering R1 waarde	81.000		pm	n.v.t.		
wASH						
Inname Polderwater	36.000	-225%	-81.000	n.v.t.	?	€ -
Input Reversed Osmose	265.000	38%	101.250	n.v.t.	?	€ 1
Afvoer afvalwater	5.000	100%	5.000	277,8	€ 30,00	€ 150
korter transport filterkoek (km)	130	0%	130	-	€ 0,30	€ 0
Inkoop Salpeterzuur	570	38%	218	692,6	€ 320,00	€ 70
Inkoop Soda	249	-159%	-396	-233,6	€ 80,00	€ -32
Energieverbruik RO (MWh)	990	31%	303	99,3	€ 80,00	€ 24
Overige kosten (RO) afvalwater zuiveren	265.000	31%	81.000	n.v.t.	€ 12,50	€ 1.013
TOTAAL				749,3		€ 1.096

CO₂ als opstap naar circulaire producten

CO₂ afvang en verwaarding al 6 jaar in bedrijf bij HVC



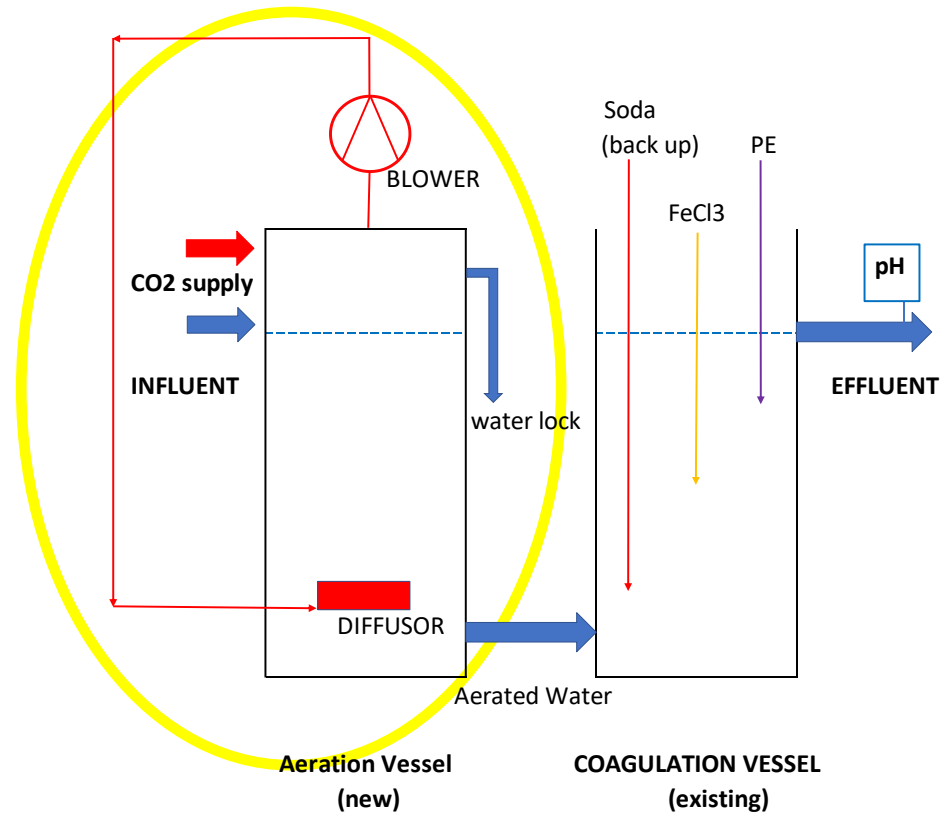
CO₂ als opstap naar circulaire producten

CO₂ hergebruiken als groeimiddel in de glastuinbouw



CO₂ als opstap naar circulaire producten

CO₂ hergebruiken als Soda vervanging



CO₂ als opstap naar circulaire producten

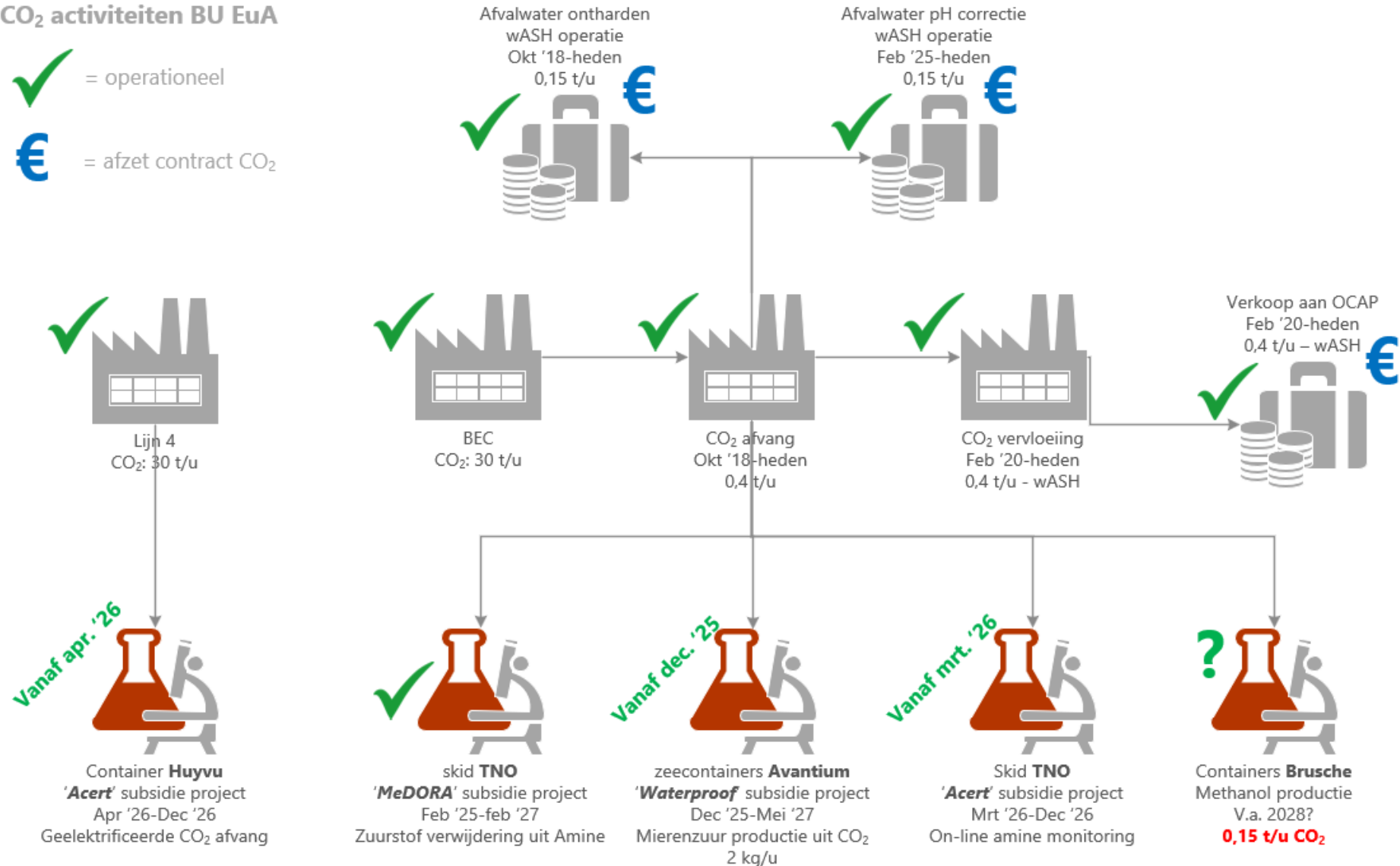
CO₂ activiteiten BU EuA



= operationeel



= afzet contract CO₂



CO₂ als opstap naar circulaire producten

Voorbeeld van een tijdelijke 'skid'

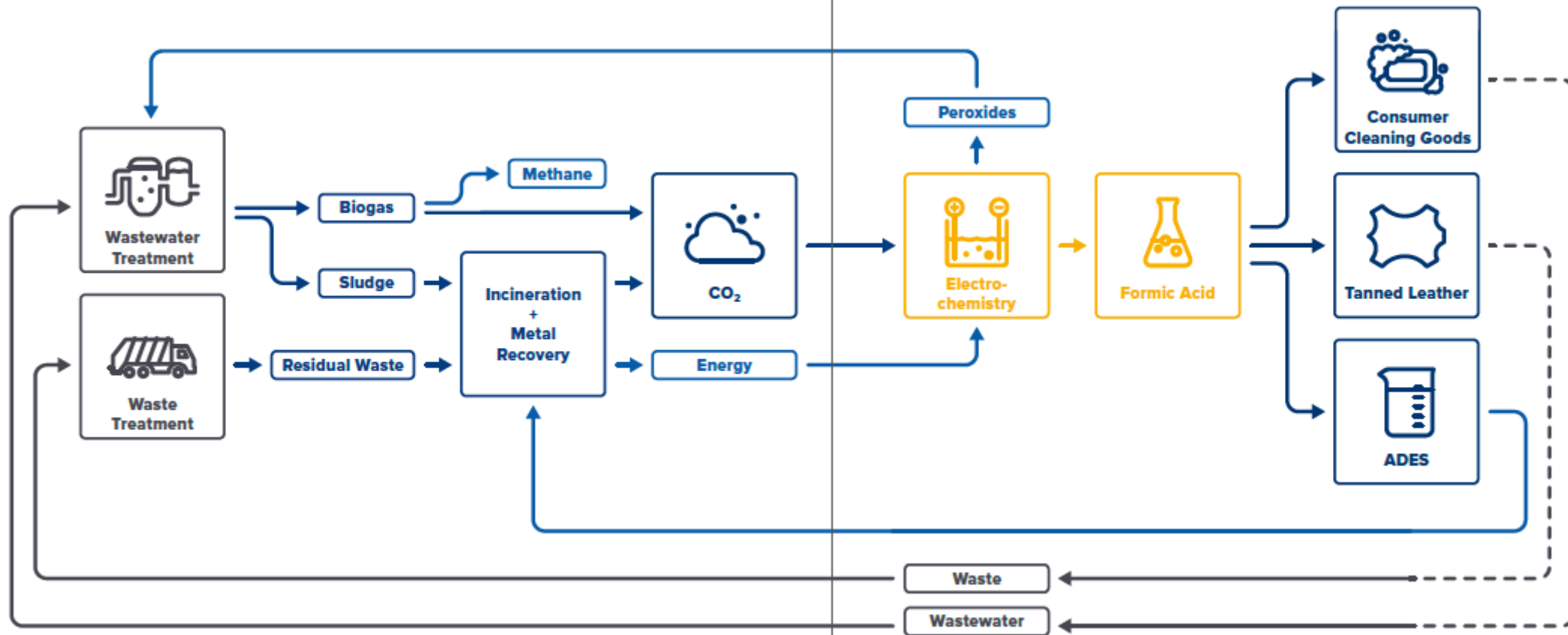
De MeDORA skid van TNO, zoals nu operationeel bij HVC Alkmaar, als onderdeel van de kleinschalige CO₂ afvang.

De skid draait 2 jaar om de demonstrenen dat een Nederlandse (TNO) optimalisatie van CO₂ afvang zich dan op TRL 7 bevindt.



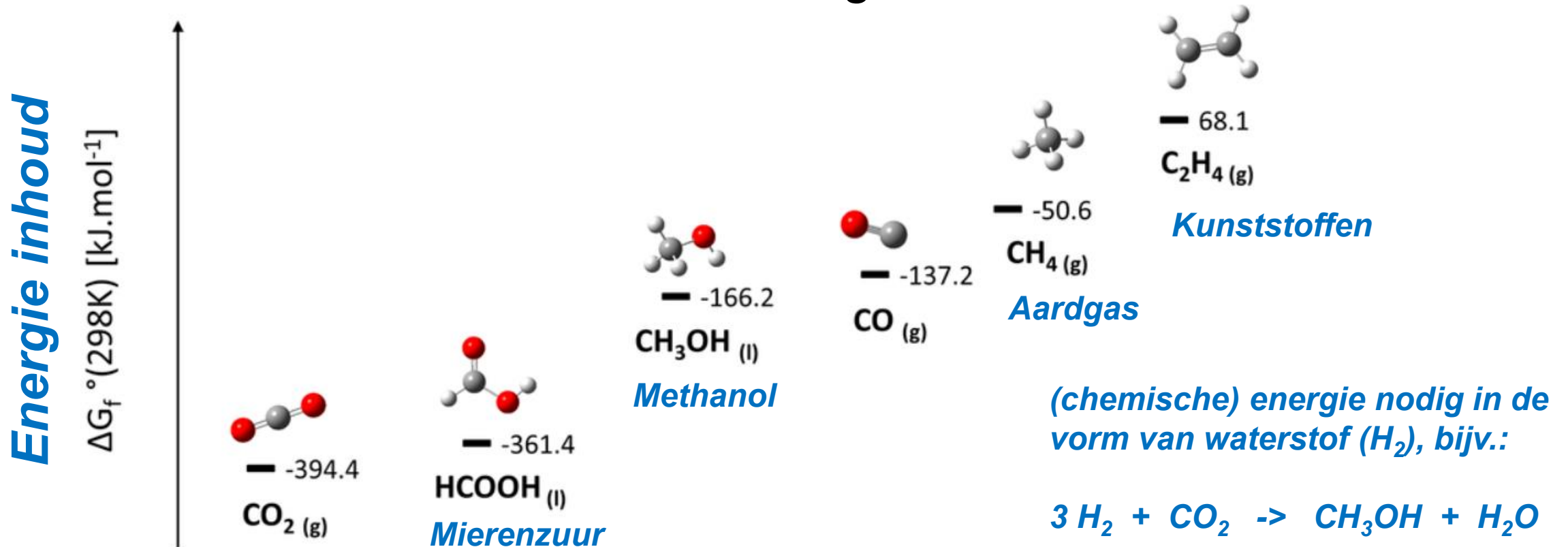
CO₂ als opstap naar circulaire producten

'Waterproof': mierenzuur als brug naar producten



CO₂ als opstap naar circulaire producten

Linksom of rechtsom: het kost energie



Standard Gibbs free energy of formation (at 298 K), expressed in kJ mol⁻¹, of CO₂ and possible reduction products.

Gedroogd RWZI slib als bio brandstof

Drijfveren

Goedkopere brandstoffen nodig

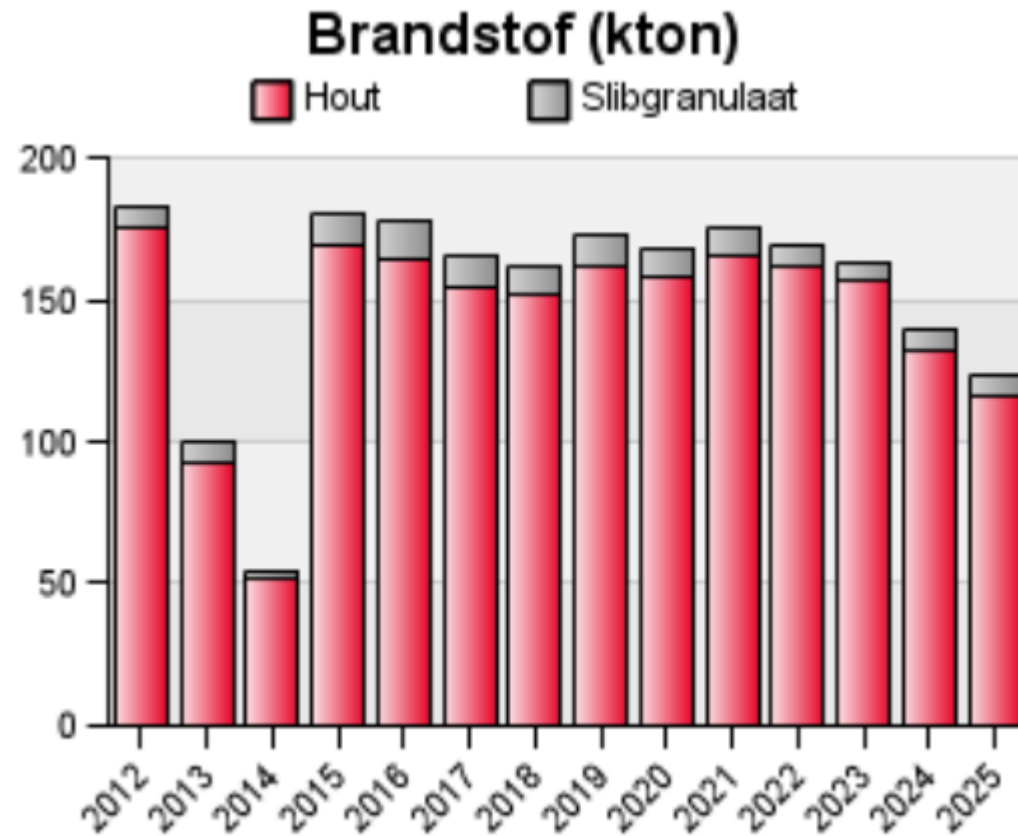
- Sinds 2008 operationeel bij de BEC van HVC in Alkmaar dus bewezen techniek
- SDE++ op BEC voor houtverbranding loopt af in 2030
- Onwaarschijnlijk dat daar een nieuwe productie subsidie voor terugkomt

Hout hergebruik prioriteit geven boven energie hergebruik

- De BEC kan hierin bijdrage door bewegingsruimte te creëren:
 - Minder B-hout aantrekken
 - Compensatie middels meer C-hout (onbruikbare houtige biomassa)
 - Compensatie middels meer **gedroogd slib** (geen houtige biomassa)
 - Papierslib (houtvezel keten te kort voor hergebruik)
 - Etc.

Gedroogd RWZI slib als bio brandstof

Sinds 2011 operationeel bij de BEC van HVC in Alkmaar



Gedroogd RWZI slib als bio brandstof

Opschalen i.v.m. inbedrijfname slibdroger

Doelstelling

- Minder B-hout verbranding
- Gedroogd slibgranulaat dosering opvoeren van nu ca. 8 kton/jaar naar 20 kton/jaar Uiteraard zonder de emissie normen te overschrijden
- Beschikbaarheid gedroogd slib stijgt van 20 naar 55 kton/jr

Probleemstelling

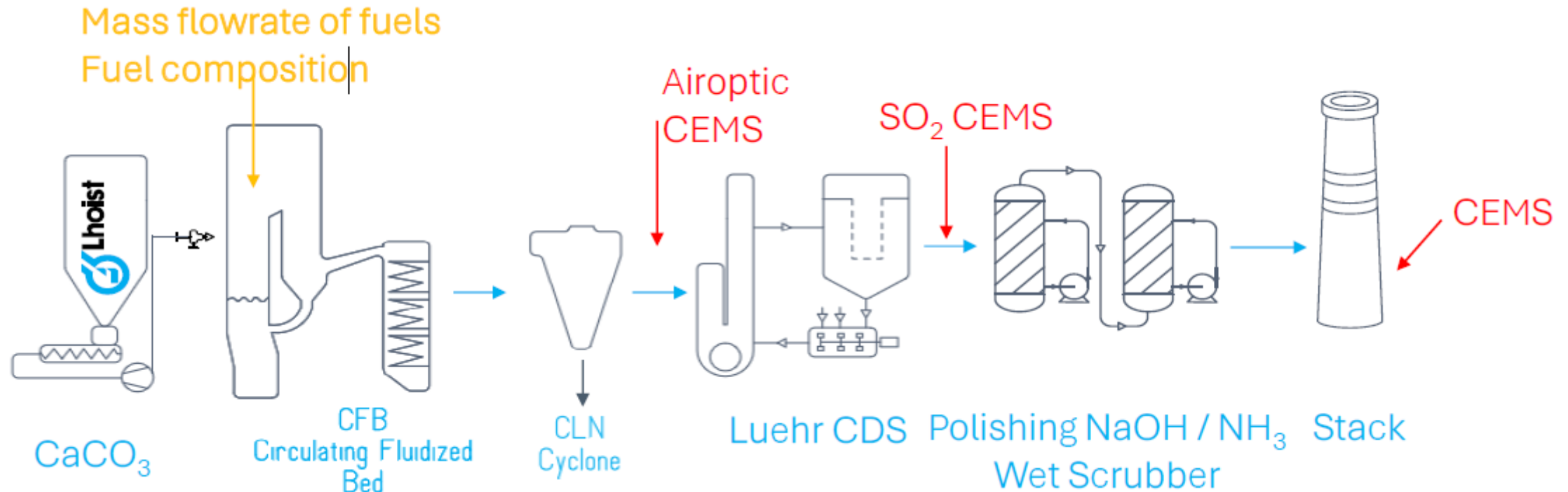
- Slibgranulaat bevat ca. 1% (m/m) zwavel, dit leidt tot SO₂
- De huidige afvang capaciteit van SO₂ in de rookgasreiniging is beperkend
- Extra SO₂ afvang in de oven mogelijk d.m.v. kalksteeninjectie
- Kalksteen valt in de oven uiteen in CaO (de actieve stof) en CO₂

Bonus

- Meer granulaat leidt tot meer P₂O₅ in de as: mogelijk terug te winnen zoals bij SVI (as-gehalte granulaat 10x hoger dan hout: dus domineert al snel de as samenstelling)

Gedroogd RWZI slib als bio brandstof

Opschalen i.v.m. inbedrijfname slibdroger



Schema BEC: verbranding en rookgasreiniging inclusief SO₂ meetpunten

Gedroogd RWZI slib als bio brandstof

Testen met kalksteeninjectie vuurhaard BEC

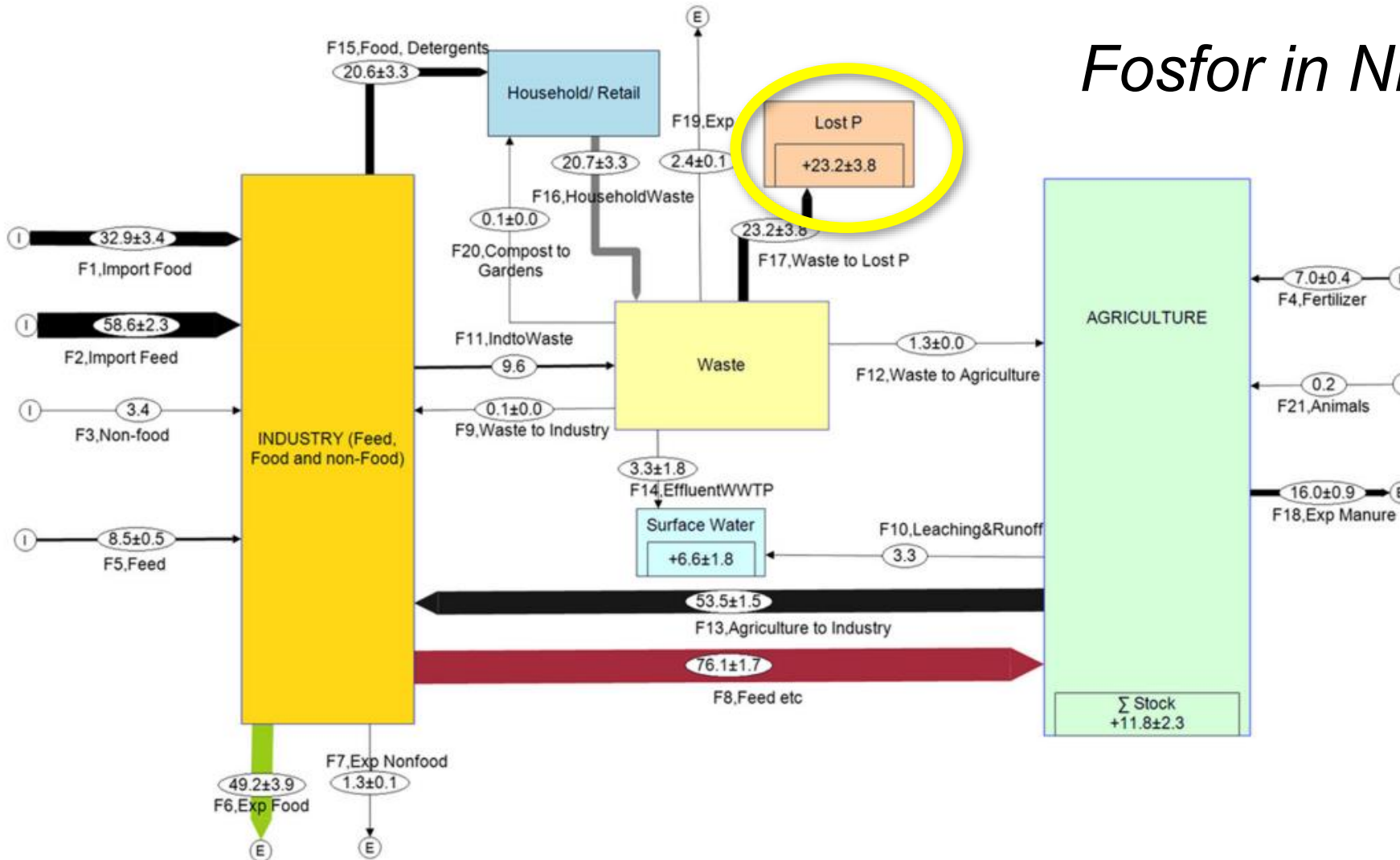
In Q2 en Q3 van 2025 is geëxperimenteerd met kalksteeninjectie in de BEC om daarmee extra SO_2 af te vangen en zo meer slib te kunnen bijstoken.

Op hoofdlijnen zijn de resultaten als volgt:

- ***Afvang van 20-60% SO_2 in de vuurhaard lijkt mogelijk***
Optimalisatie mogelijk indien meetapparatuur beter werkt (vandaar de onzekerheidsmarge) en ideale korrelgrootte kalksteen gevonden is (grovere kalksteen lijkt beter te werken)
- ***Slibgranulaat bijstook tot 15 kton per jaar is mogelijk.***
Indien stabiele afvang tot 60-70% wordt bereikt is 20 kton per jaar mogelijk
- ***Business case erg dun***
Gedane investering wordt niet terugverdiend en cashflow beperkt door afvoerkosten cycloonas
- ***In Q4 2025 en Q1 2026 vervolproeven met betere metingen en grovere kalksteen***

Fosfor, hoe zat het ook al weer?

Fosfor in NL in kton/jaar

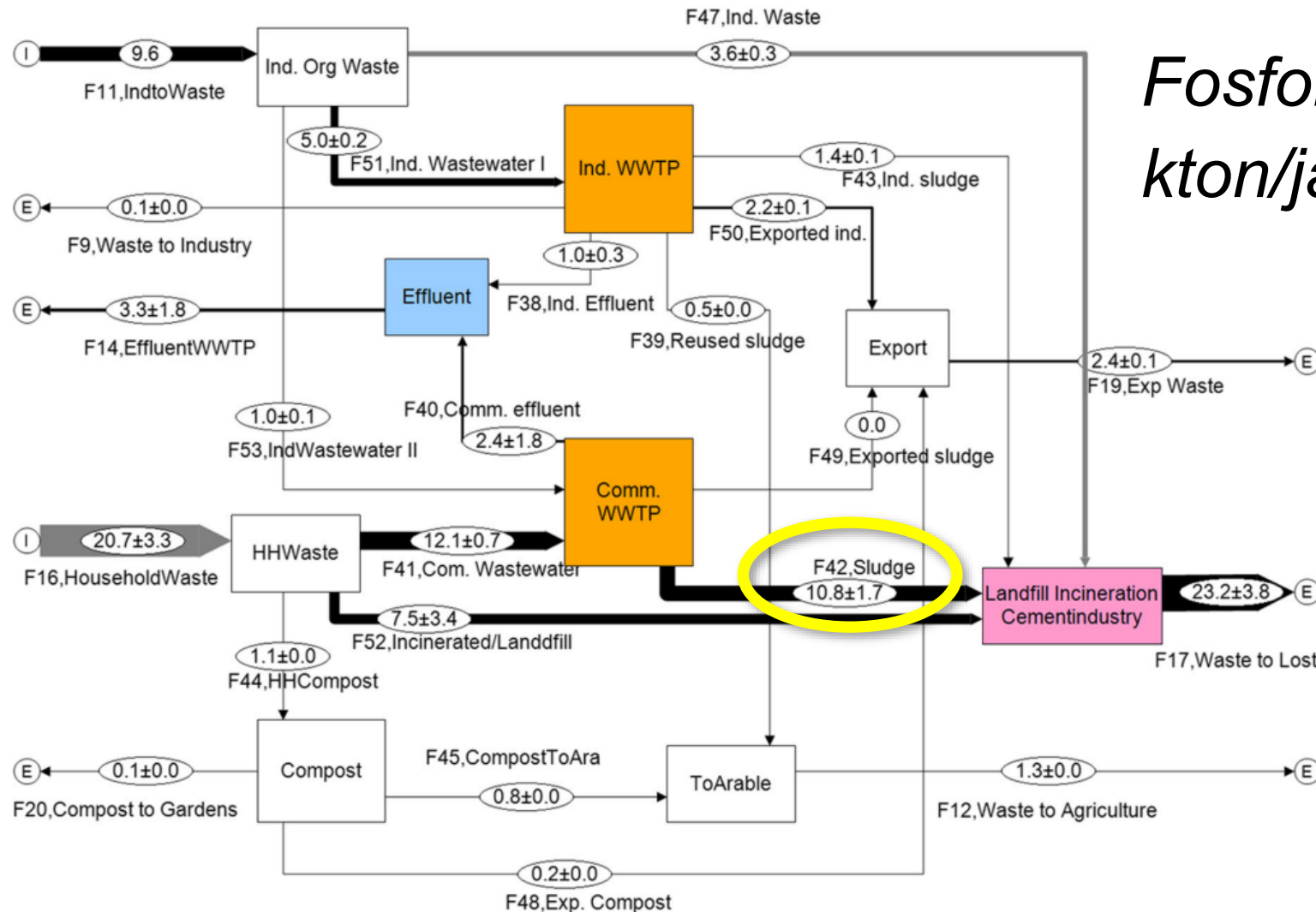


Import : ca. 110 kt/j
 Export : ca. 70 kt/j

**Netto import NL: 40 kt/j
 = verbruik NL**

Smit et al., Nutr Cycl Agroecosyst (2015)
 103: 1-13, A substance flow analysis of
 phosphorus in the food production, processing
 and consumption system of the Netherlands

Fosfaat, in de afval fase in NL



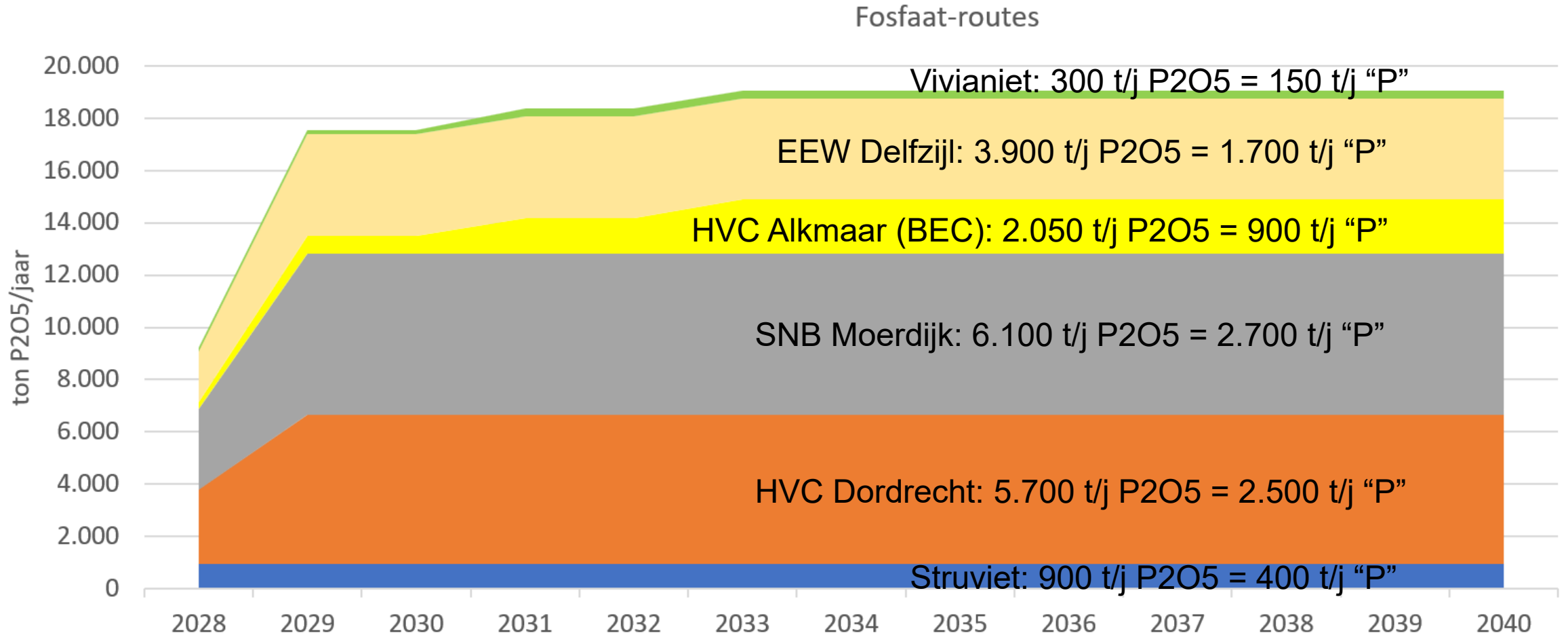
Fosfor in afval in kton/jaar

Van die 40 kt/jr NL verbruik komt **ca. 11 kt/jr in RWZI slib**

Dat is ca. 25% van alle P die verloren gaat in NL

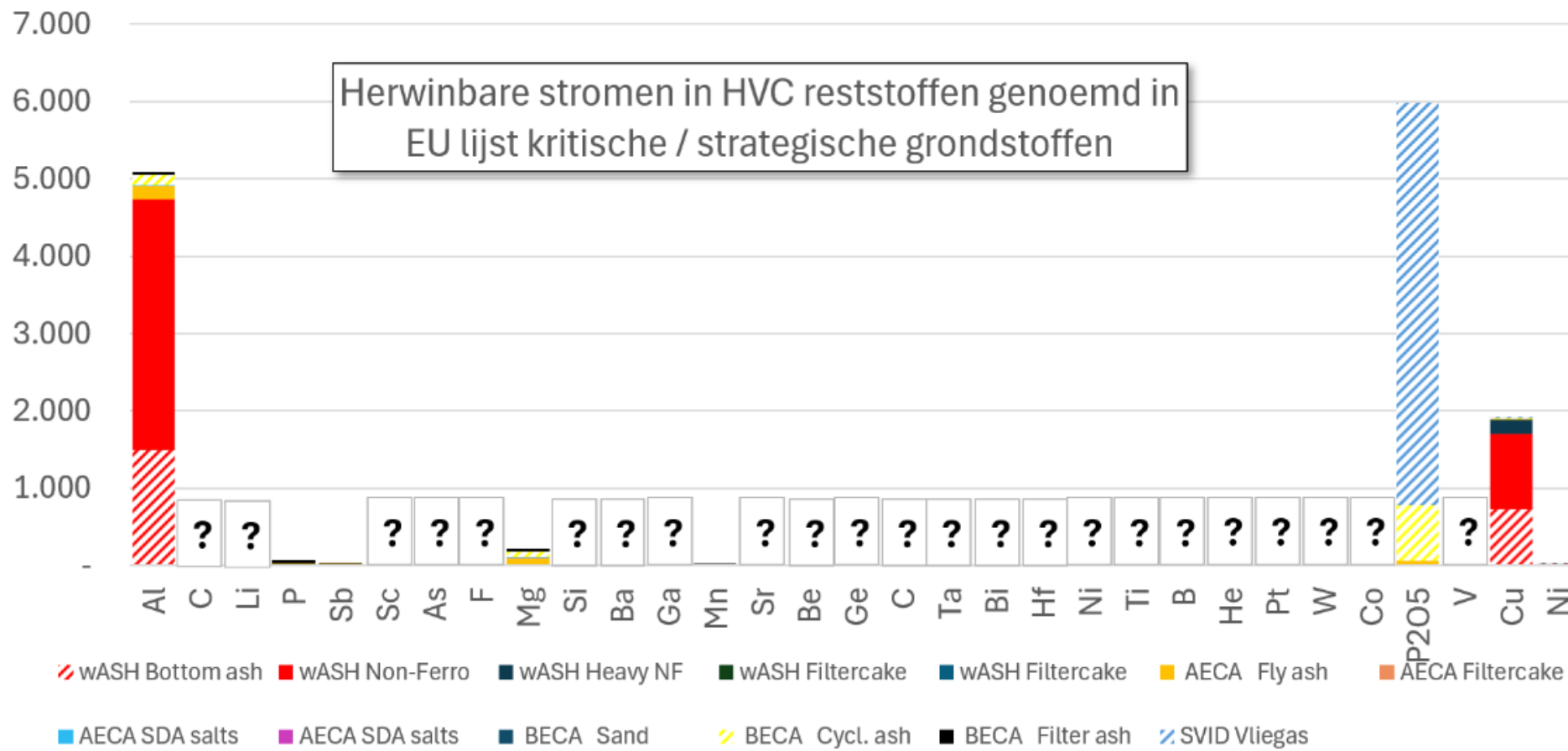
Smit et al., Nutr Cycl Agroecosyst (2015) 103: 1-13, A substance flow analysis of phosphorus in the food production, processing and consumption system of the Netherlands

Fosfaat, uit de erts SVI-as: 7,7 kt/j



Hoe verder?

Kritische / strategische grondstoffen in HVC perspectief



hvc.

energie en hergebruik

