



Kringloopsluiting van Nutriënten uit Afvalwater en Proceswater (KNAP) Het Lot van Koolstof (C)

Kimo van Dijk - kimo.vandijk@wur.nl - www.wur.nl/knap

KWR



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



- PPS project KNAP - Kringloopsluiting van Nutriënten uit Afvalwater en Proceswater
- Koolstof (C) balans NL
- C in afvalwater en slibstromen
- C in vergisting

- Organisch stof (OS) potentie van slib voor NL landbouw
- Belang van OS en karakterisatie van organische (mest)stoffen

Kringlooplandbouw met circulair 'afval'water



Van lineaire naar circulaire sanitatie



Beoogde resultaten KNAP (1)

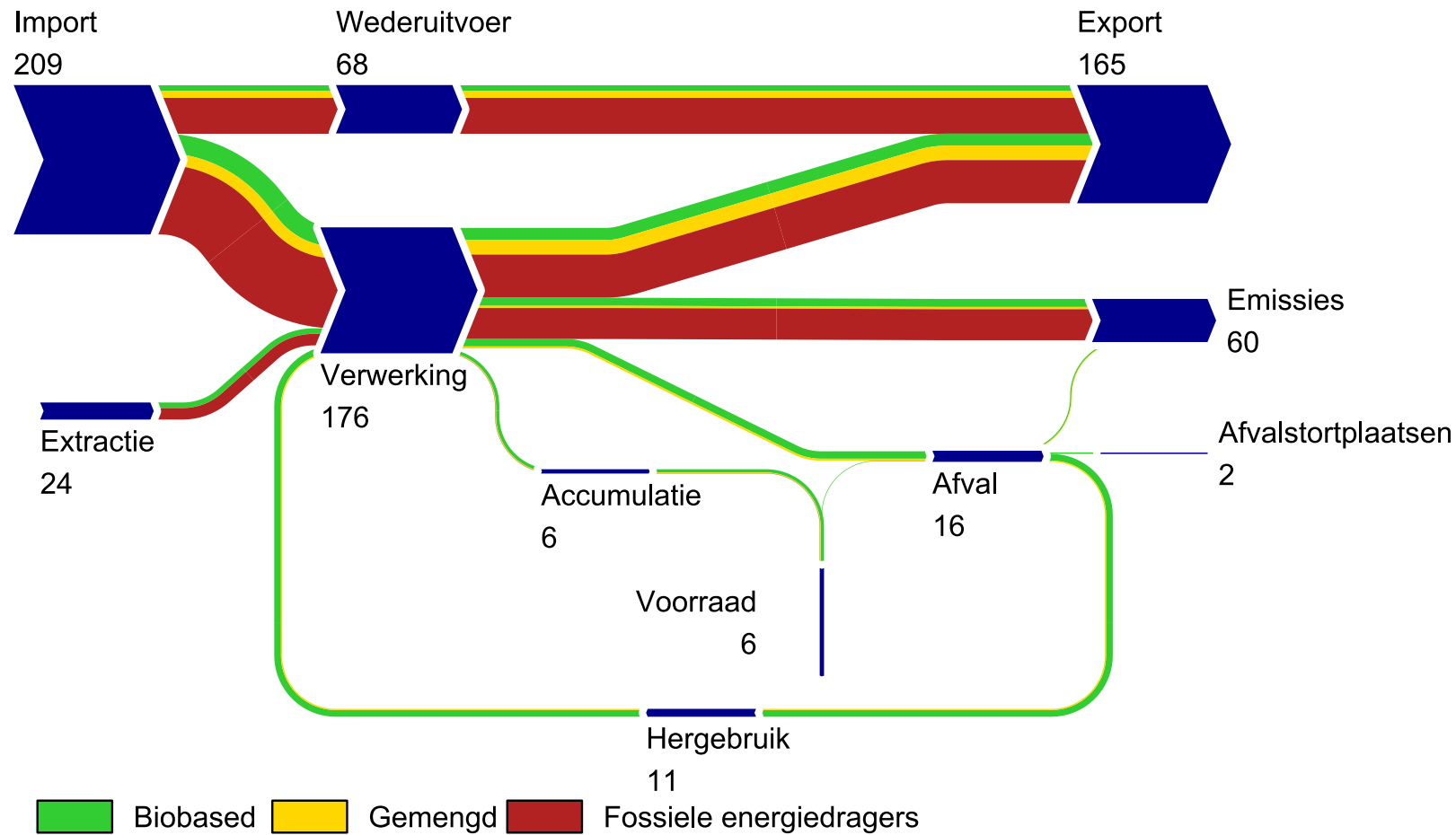
- Uitgewerkt **kwaliteitssysteem** voor gerecyclede producten en meststoffen uit communaal en industrieel afvalwater, met specifiek aandacht voor uitdagingen in wet- en regelgeving
- **Actueel inzicht** in de grootste lekkages van macronutriënten uit het Nederlandse nutriëntensysteem
- Verscheidenheid aan **cases** waarin op centrale en decentrale wijze nutriënten uit communaal en industrieel afvalwater worden teruggewonnen en hergebruikt, in interactie met de ontwikkeling van het kwaliteitssysteem

Beoogde resultaten KNAP (2)

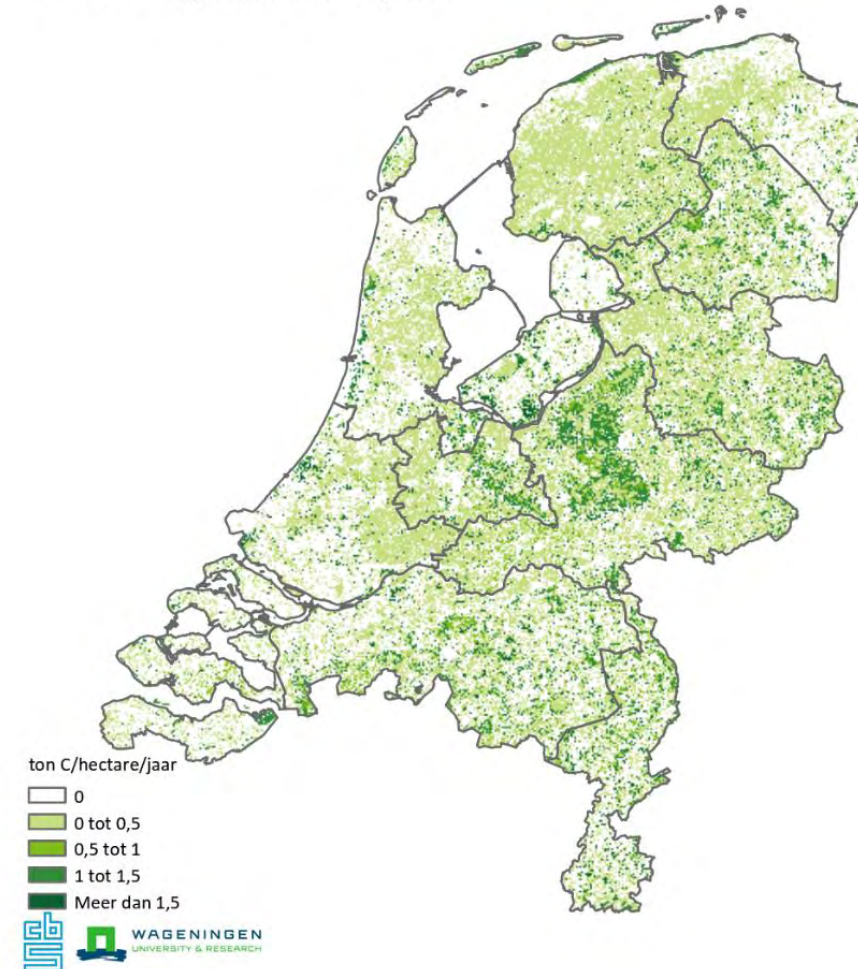
- Detailinformatie over de **landbouwkundige waarde, kwaliteit en veiligheid** van de afzonderlijke gerecyclede meststoffen
- **Draagvlak** van relevante partijen voor het **kwaliteitssysteem** en de realisatie van **cases** gedurende en na afloop van het project met betrekking tot overheden, bedrijven en kennisinstellingen
- Opsomming van bestaande **barrières in wet- en regelgeving** die een belemmering vormen voor het optimaal verwaarden van nutriëntrijke reststromen
 - Plus aanbevelingen

- A. Verwaarding van geconcentreerde **stikstof houdende vloeibare meststoffen** uit communaal afvalwater
- B. Verwaarding van **mineraal/fosfaat houdende vaste meststoffen** uit communaal afvalwater
- C. Verwaarding van ontwaterd slib en digestaat afkomstig van **behandeld zwart water**
- D. Opwaardering van **brongescheiden decentrale sanitatie** (urine)
- E. **Circulaire akkerbouw** met gerecyclede meststoffen uit afvalwater in Flevoland

C stromen Nederlandse economie (Mton C)

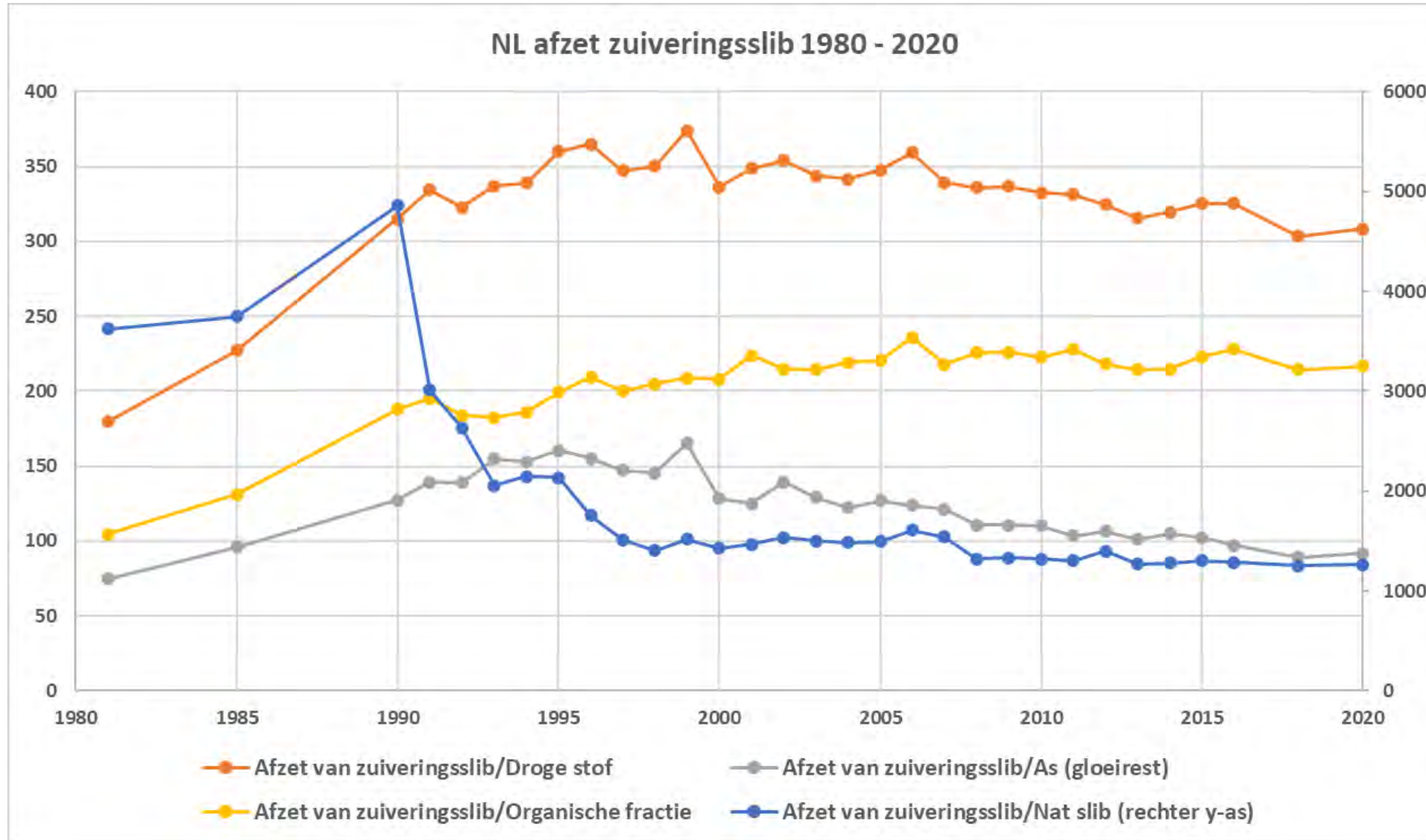


Koolstofvastlegging in biomassa, 2018



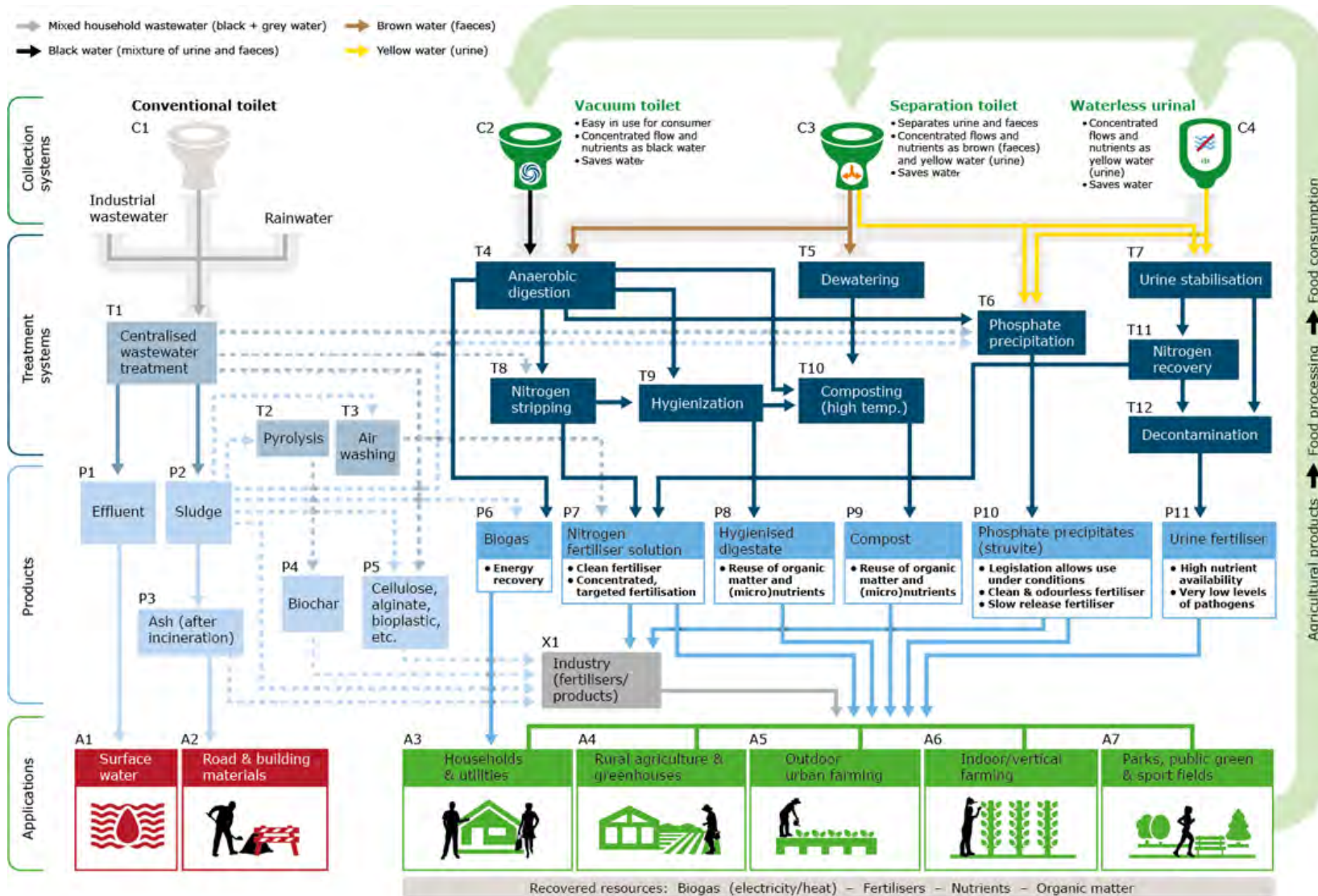
- **Afvalwater influent = 1.964 M m³ (2021)**
 - Vervuilingseenheden = 26,8 miljoen ve
 - Chemisch Zuurstof Verbruik = 1.039 Mkg
 - Biochemisch Zuurstof Verbruik = 438 Mkg
 - Stikstof = 93,9 Mkg N, Fosfor = 13,1 Mkg P
 - Total Organic Carbon (TOC) schatting = CZV/3.13 = ~ **332 (?) Mkg TOC**
 - C schatting = **C in slib + CO₂ + effluent???**
- **Slib (2020)**
 - Voor ontwatering versgewicht = 16.634 Mkg (0,8% van influent)
 - Na ontwatering versgewicht = 7.567 Mkg (45% van voor ontwatering vg)
 - Na ontwatering drooggewicht = 535 Mkg (Organische fractie = ~ 217 Mkg OS (2% van na ontwatering vg)
 - = 65 - 100 Mkg C (aanname 30-50% C per OS)

Afzet com. slib 1980-2020: nat, os, ds, as (Mkg)



CBS:
<https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/83434NED>

C in (de)centrale com. afvalwaterzuivering



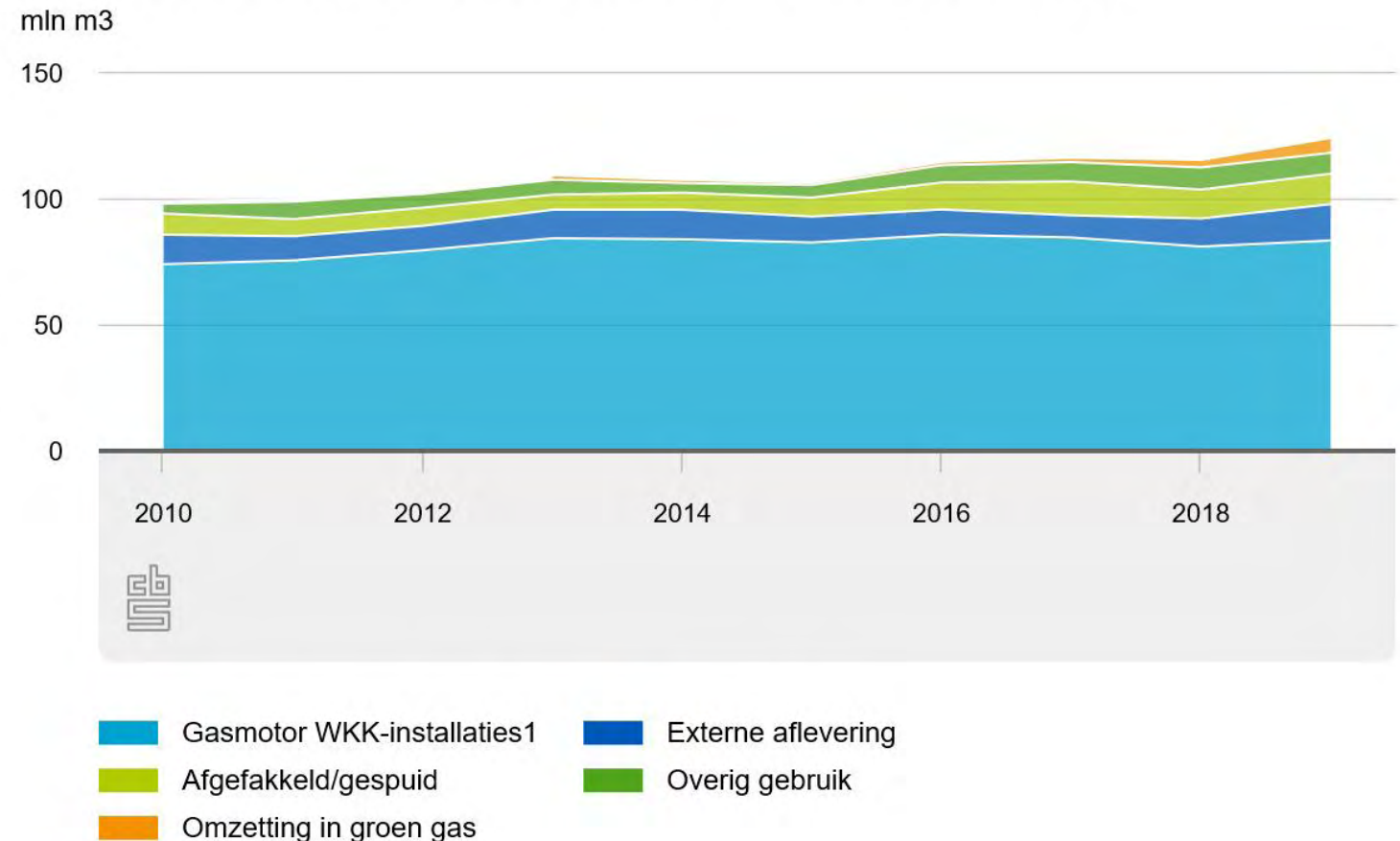
- RWZI afvalwater
- RWZI slib
- Zwart water
- Biogas
- Digestaat
- Compost
- Biochar
- CO2
- Cellulose
- Alginate
- PHA (bioplastics)
- Kaumera
- (AWZI zuiveringslib)

Source: van Dijk, K., et al. (2022). Circular sanitation in relation to nutrients recycling and (urban) agriculture in the city of Amsterdam : deliverable D4.4 Opportunities and barriers for circular sanitation within urban context. Wageningen, Wageningen Environmental Research.

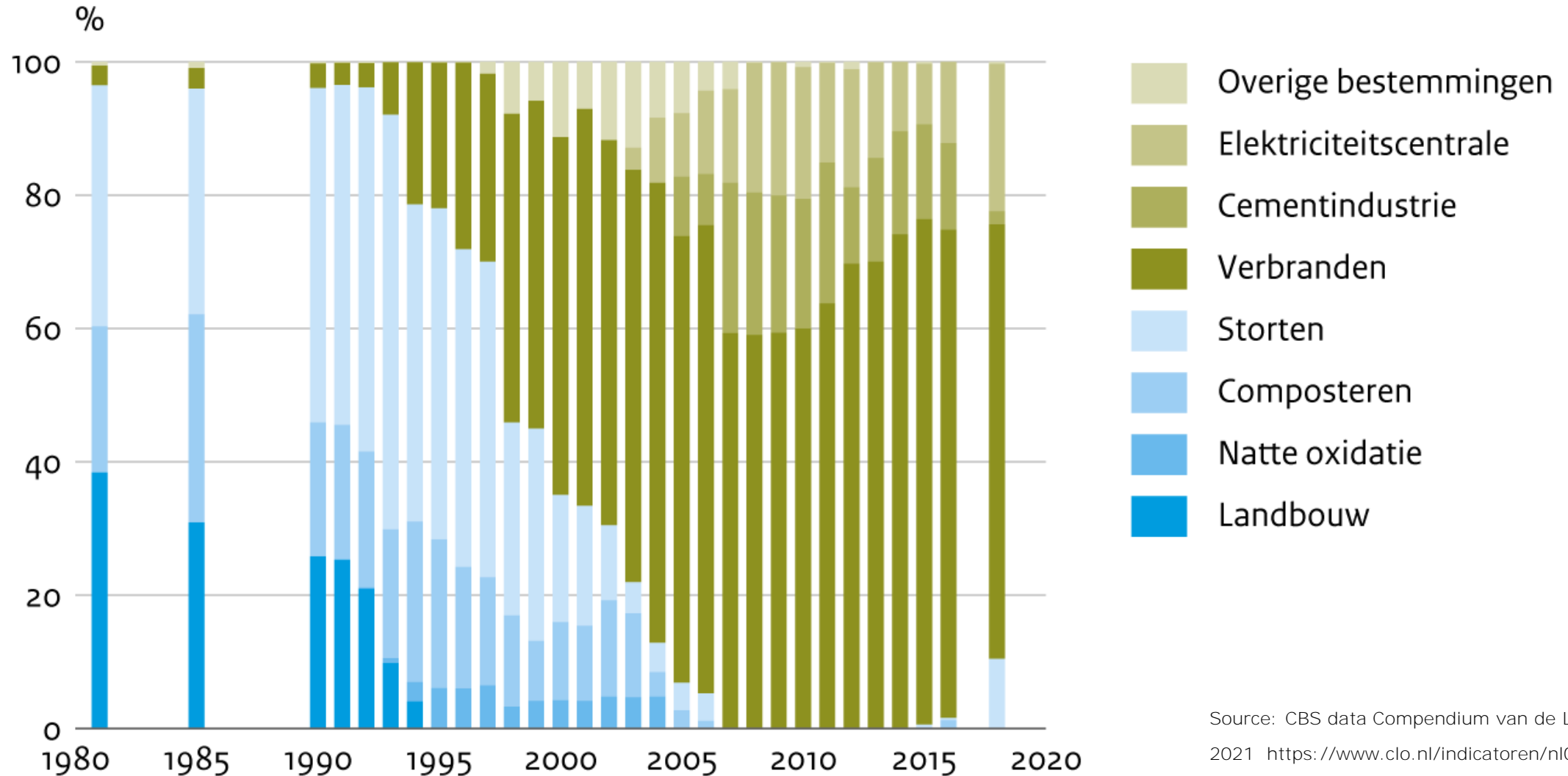
Biogasproductie uit slibvergisning RWZIs

- 137 M m³ biogas in 2021
 - 175 kton biogas (CH₄ + CO₂)
 - 41 kton C als methaan (CH₄)
 - 132 kton koolstof (C)
 - ~ 228 kton organisch stof (OS)
- 17% NL biogasproductie uit RWZIs, 22% van NL elektriciteit uit biogas
 - 2/3 electriciteit
181 miljoen kWh
 - 1/3 warmte
1 369 terajoule
- 12% biogas geleverd derden
- 5% biogas omgezet naar groen gas: aardgasnet en brandstof

Geproduceerd biogas bij rioolwaterzuivering naar gebruiksdoel

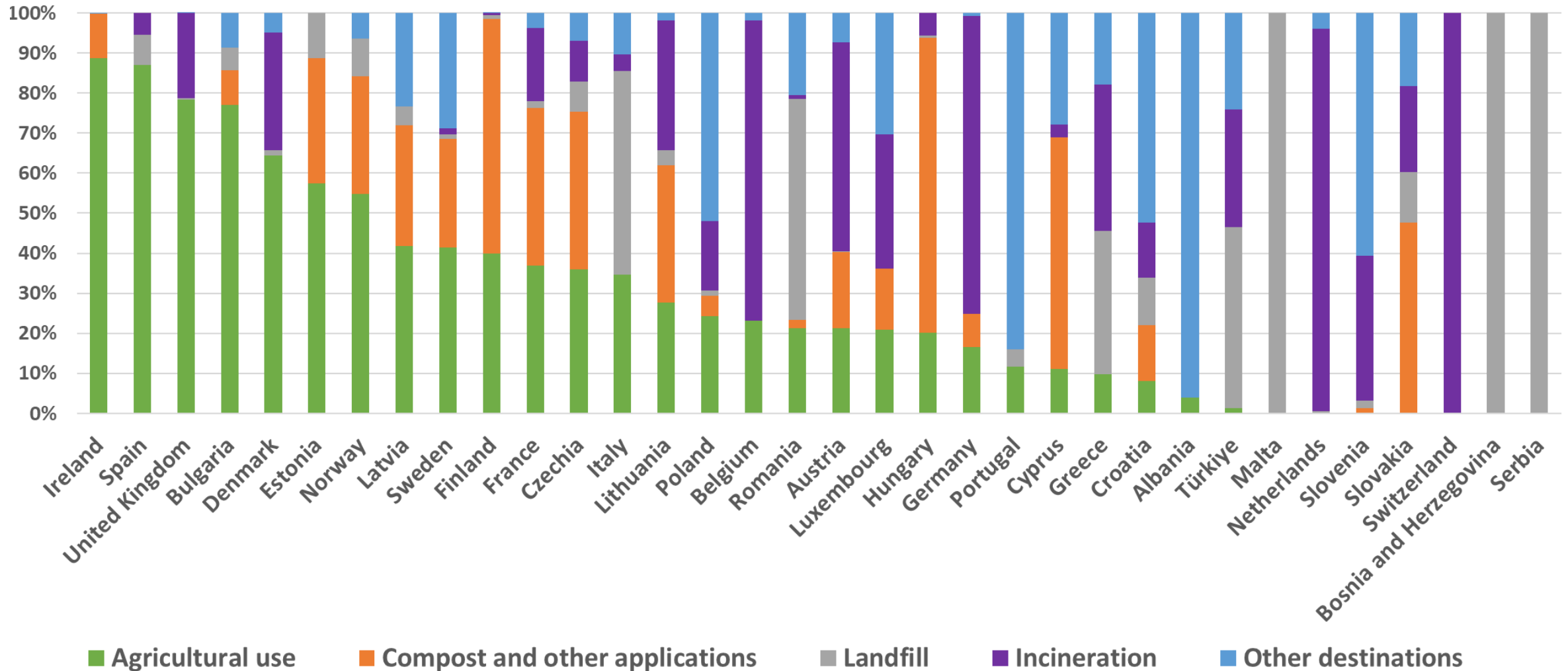


Communaal zuiveringslib Nederland



Afzetroutes communaal slib in Europa

Communal sludge destinations Europe in 2020 [%] - Eurostat



Max potentie OS uit slib voor NL landbouw

- Huidige bron van organisch stof:
 - Dierlijke mest: overvloedig aanwezig in NL, significante afname te verwachten
 - Digestaat: vergisting neemt toe, mogelijkheid tot groene mineralen centrales
 - Compost: waardevol en gewaardeerd, meer vraag dan aanbod
- Organisch stof advies:
 - Organisch stof = 3.000 kg/ha
 - Effectief organisch stof (EOS) = 2.000 kg/ha
- Met 217 Mkg OS beschikbaar in ontwaterd communaal slib:
 - 72.333 ha landbouwgrond theoretisch te voorzien
 - 2,2 M ha landbouwgrond: 1 M ha grasland, 536 k ha akkerbouw op dit moment
 - Max 3,3% landbouwareaal en 13% akkerbouw te voorzien met OS communaal slib

NPK en OS gehalten in RWZI slib NL

	N (kg/ton)	N-effective (legal) (kg/ton)	P (kg/ton)	K (kg/ton)	Organic matter (kg/ton)	Effective organic matter ¹ (kg/ton)
Sewage sludge	14.0	5.6	8.4	0.9	168	84
Sewage sludge (-50% P)	14.0	5.6	4.2	0.9	168	84
Sewage sludge (-75% P)	14.0	5.6	2.1	0.9	168	84
Cattle manure	4.0	2.4	0.65	4.5	71	49
Pig manure	7.0	4.2/5.6 ²	1.70	3.9	79	26
VFG ³ -compost	8.9	0.9	1.92	6.6	242	218

1 assuming a humification coefficient of 50% for sewage sludge; 2 Clay/sand; 3 Vegetable, Fruit and Garden Compost

Mineral and organic matter content of sewage sludge (CBS, 2018; K estimated based on Regelink et al., 2017, PPS project Sludge2Soil), sludge where 50% or 75% of the P is extracted, and commonly used animal manures and composts (www.handboekbodemenbemesting.nl).

RWZI slib OS applicatie potentie met P norm

	N	N-effective ¹ (legal)	P	K	Organic matter	Effective organic matter ⁴
WWTP sludge	44	18	26	2	527	264
WWTP sludge (-50% P)	88	35	26	6	1055	527
WWTP sludge (-75% P)	176	70	26	11	2109	1055
Cattle manure	160	96	26	179	2840	1960
Pig manure	108	65/86 ²	26	60	1215	400
VFG-compost ³ (incl 100% P)	121	12	26	90	3300	2970
VFG-compost ³ (incl 50% P)	243	24	52	178	6600	5940

1 Effective N as described in Dutch legislation; 2 Clay/sand; 3 Vegetable, Fruit and Garden Compost. For legal application standards, only 50% of the phosphorus has to be taken into account. 4 For manure and compost data derived from www.handboekbodemenbemesting.nl, for WWTP sludge a humification coefficient of 50% is used.

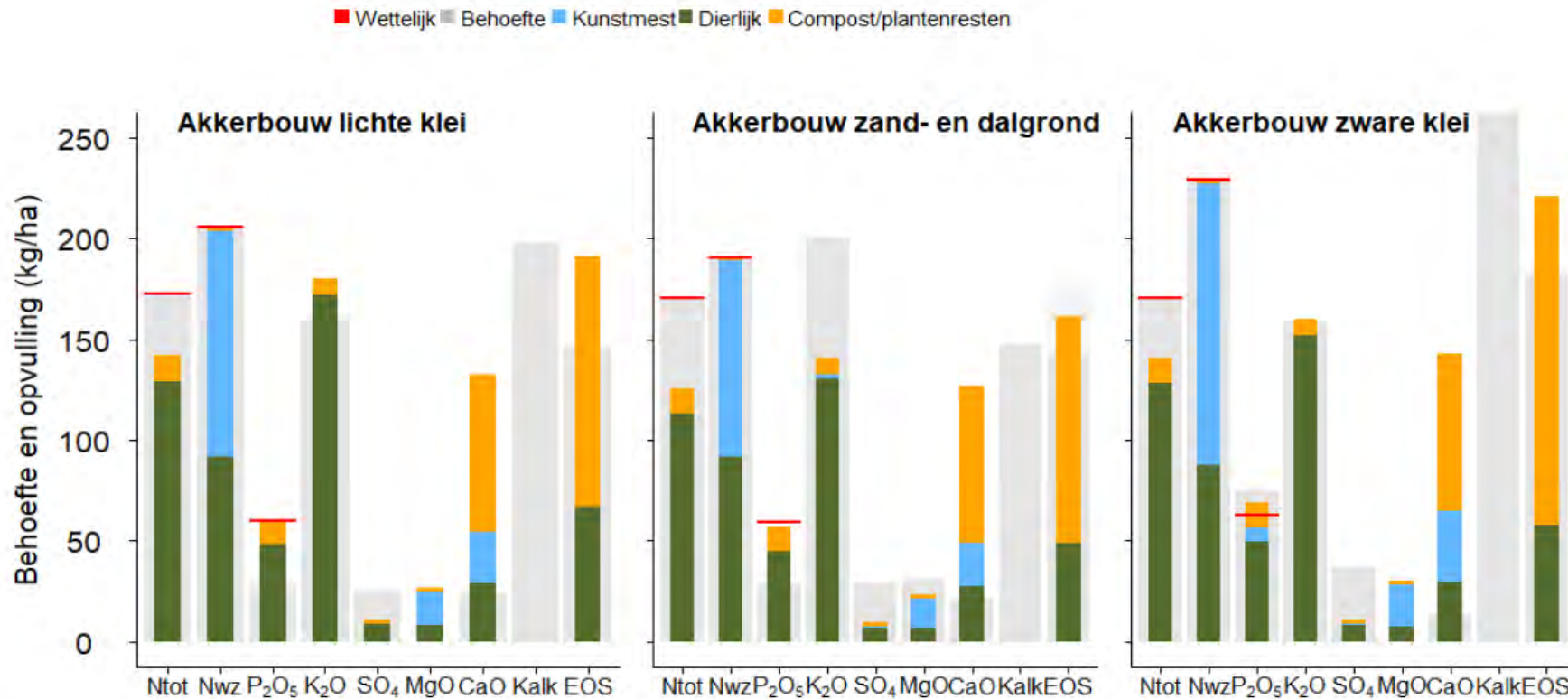
Nitrogen, phosphorus, potassium and organic matter supply (kg/ha) for a situation of maximum use of the product within the phosphorus application standards (60 kg P₂O₅ per ha) on arable land.

	Organic matter (10 ⁶ kg)	N (10 ⁶ kg)	P (10 ⁶ kg)	K (10 ⁶ kg)
Manure ¹	6125	448	76	452
Sludge ²	228	19	11	1

1 based on national statistics for 2016 (CBS, 2018) and www.handboekbodemenbemesting.nl (organic matter content manures); 2 based on national statistics for 2016 (CBS, 2018) and Regelink et al. (2017) (PPS project Sludge2Soil)

Nitrogen, phosphorus, potassium and organic matter supply in manure and WWTP sludge on a national level for the Netherlands in 2016.

EOS behoefte akkerbouw per bodemtype



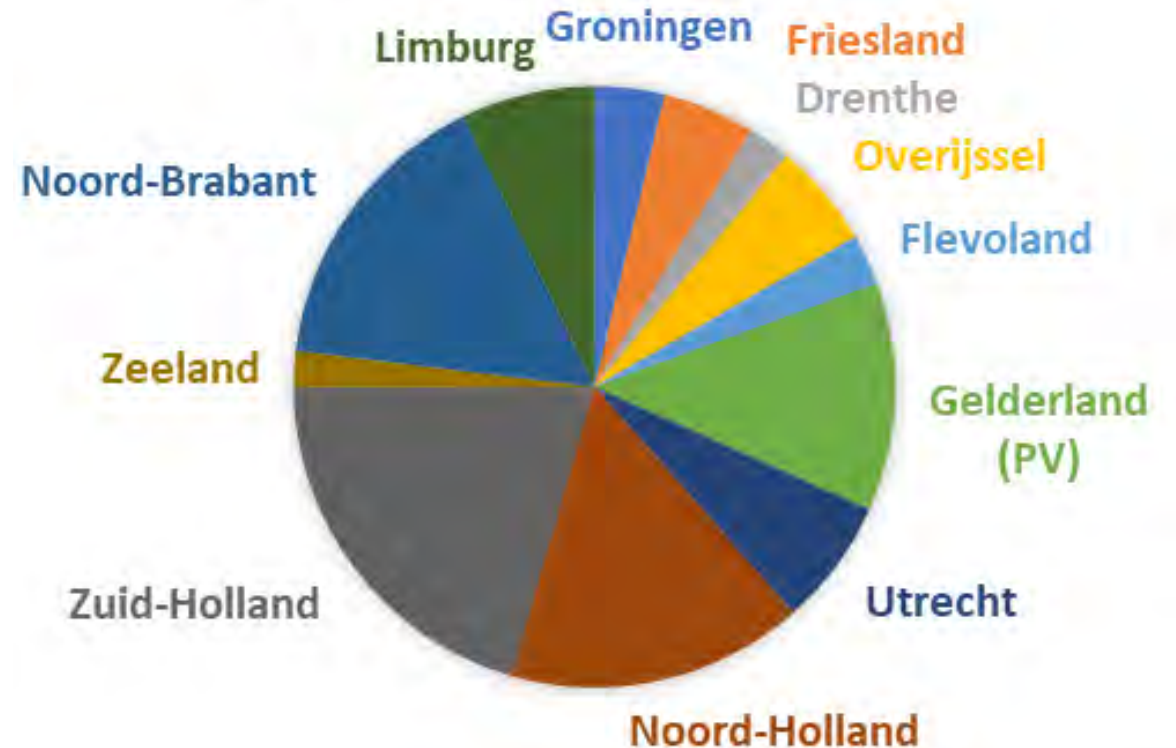
Figuur 3.8 Agronomische behoefte (grijs) en aanvoer van OS, kalk en nutriënten (in kg ha⁻¹) via dierlijke mest (groen), kunstmest (blauw) en compost/gewasresten (oranje) voor drie akkerbouwbedrijfssystemen. Voor N totaal (dierlijke mest) is de grijze balk de wettelijke ruimte voor dierlijke mest. De aanvoer van kalk is onbekend. De aanvoer van OS is om visuele redenen uitgedrukt in eenheden van 10 kg ha⁻¹, waarbij de lichtgrijze balk gelijk is aan de OS-afbraak uit veen.

Vries et al. 2018
Kansen voor het sluiten van de mineralenbalansen in Noord-Nederland

AFZET ZUIVERINGSSLSIB PER REGIO NL 2020



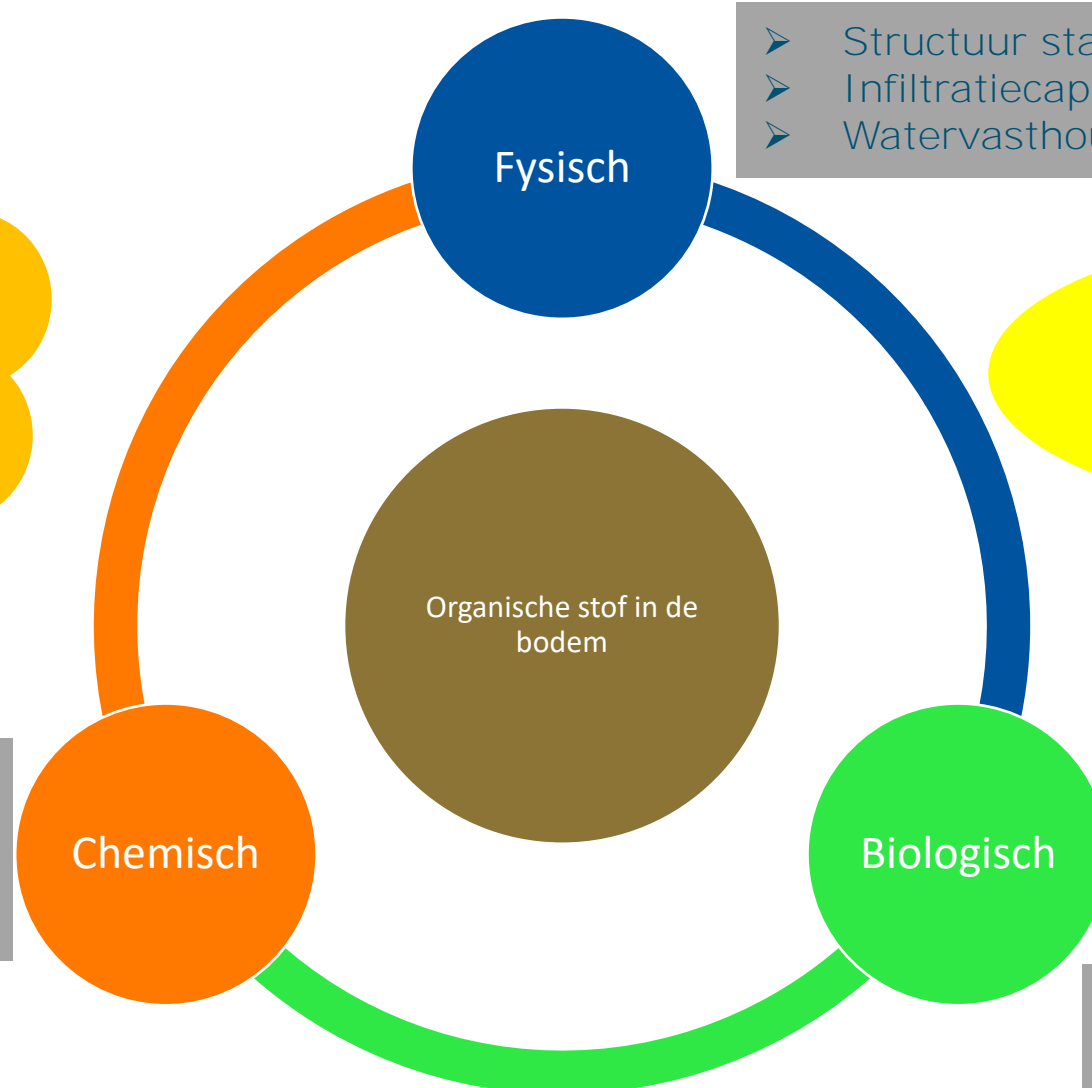
AFZET ZUIVERINGSSLSIB PER PROVINCIE 2020



Belang van organisch stof voor de bodem

1. Geen gewasspecifiek bemestingsadvies voor OS! Wel voor op peil houden (ca. 2000 kg OS/ha/j).
2. Gehalte organische stof in de bodem geen maat voor gewasopbrengst!

- Binding organische stof aan bodemdeeltjes
- Vastlegging (mineralen)
- Bodem pH



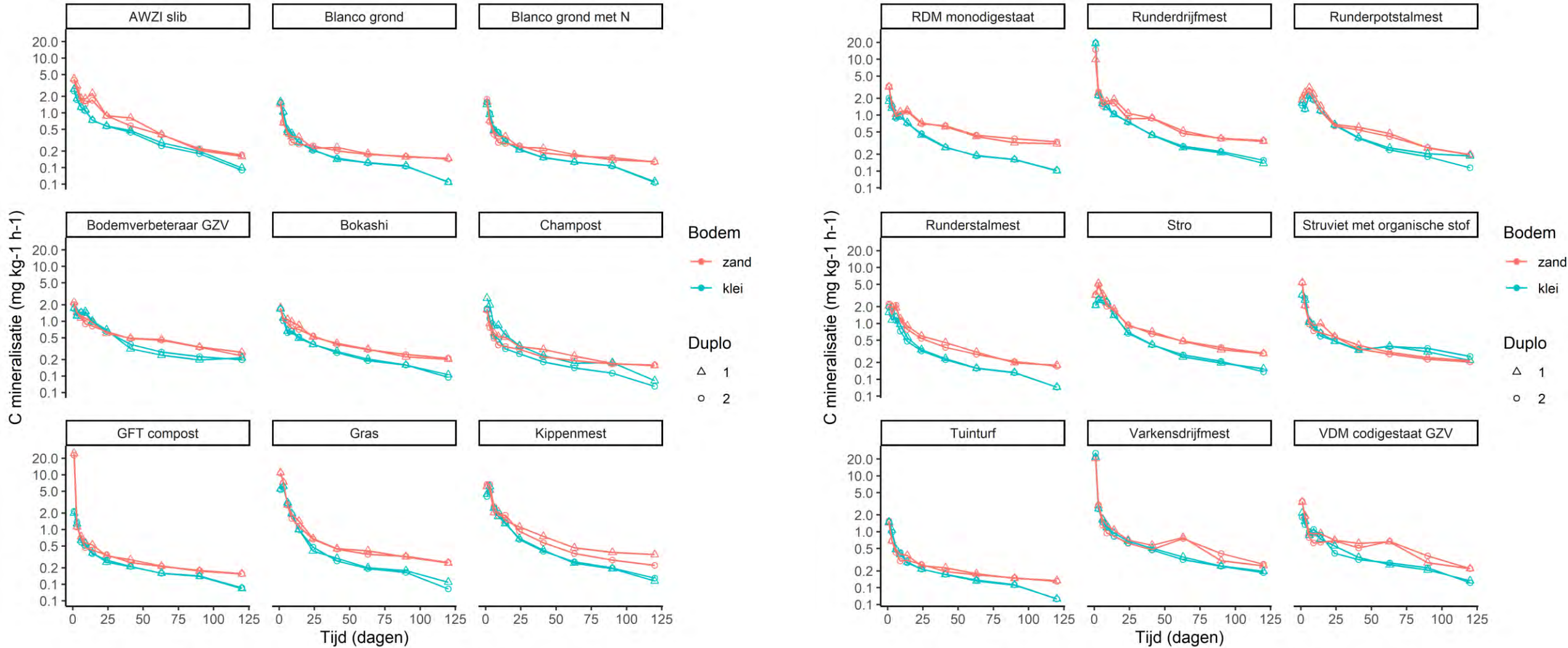
- Structuur stabiliteit
- Infiltratiecapaciteit water
- Watervasthoudend vermogen bodem

Afbraak/immobilisatie (met name koolstof en stikstof, maar ook fosfaat, zwavel etc)

Effecten toename OS het grootst op een schale grond (< 2% OS)

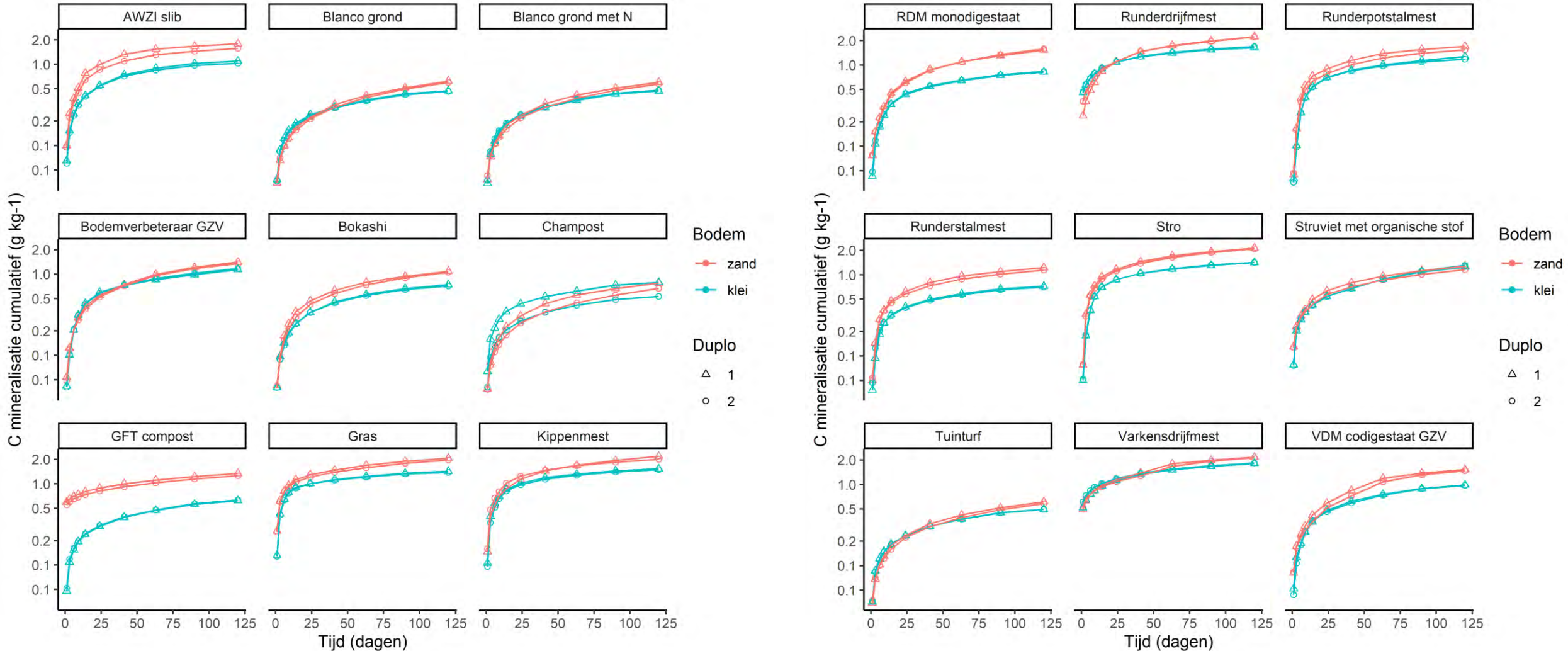
- Energiebron
- Nutriëntenbron
- Bodemweerbaarheid

Measured CO₂-respiration (soil + org. fertiliser)



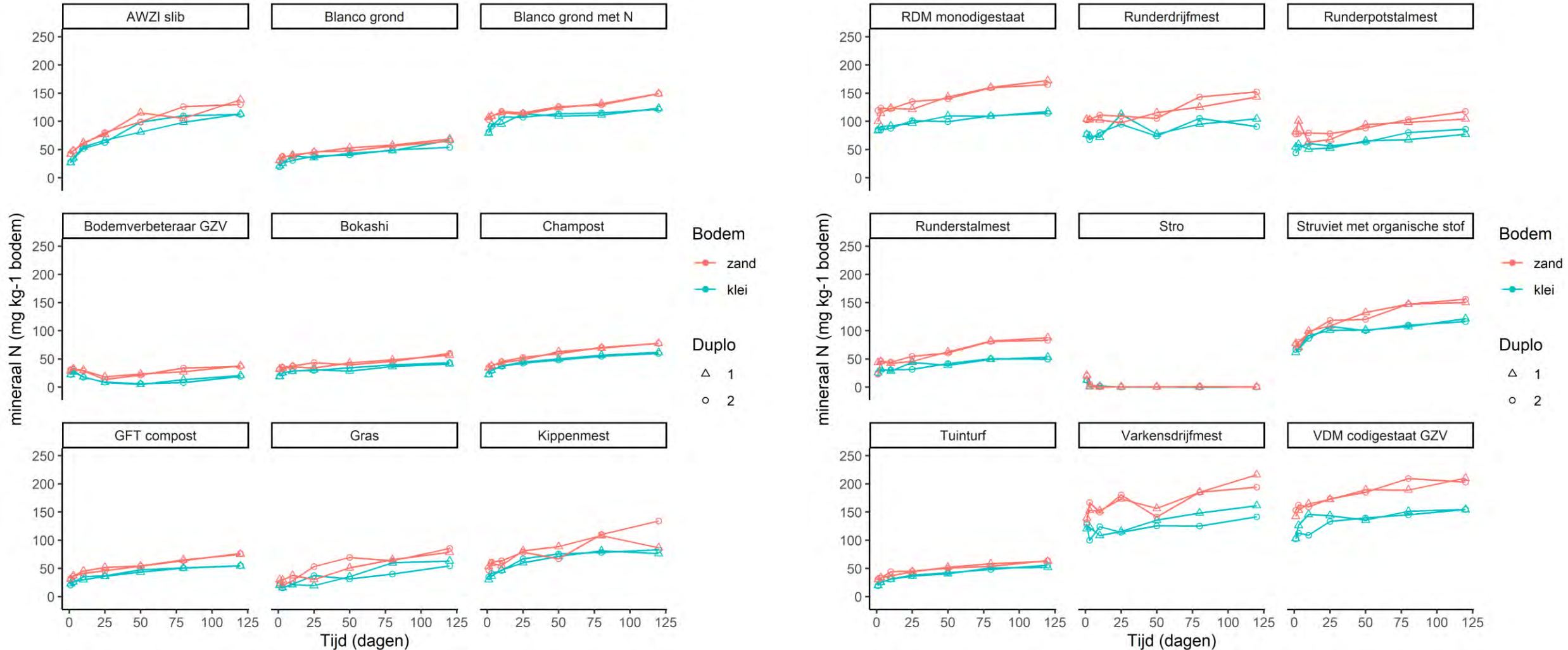
(C-applied 3 g per kg soil ~ 13-15 ton OM/ha)

Decomposition organic C (soil + org. fertiliser)



(C-applied 3 g per kg soil ~ 13-15 ton OM/ha)

Decomposition organic C (soil + org. fertiliser)



N-dosering obv 200 kg N/ha

Conclusies Lot van C uit com. afvalwater

- RWZI slib nu verbrand, C (en N) raken grotendeels verloren voor toepassing, bijvoorbeeld in landbouw
- Koolstof teruggewonnen via:
 - Vergisting en biogasproductie: sowieso doen
 - Cellulose, algiinaat, PHA (bioplastics), Kaumera etc.: zeer beperkte hoeveelheid nu
- Potentie RWZI slib toepassing in NL landbouw voor organisch stof (OS):
 - 3,5% van jaarlijkse OS in dierlijke mest
 - 3% landbouw en 13 % akkerbouwareaal theoretisch te voorzien van gewenste OS
 - Door hoge P concentratie beperkt inzetbaar door P applicatie norm
 - Effectieve OS kwaliteit tussen mest en compost in
- Verontreinigingen in afvalwater/slib is de uitdaging, potentie in:
 - Slib van kleine RWZIs zonder MKB en industrie
 - Cirulaire sanitatie met zo veel mogelijk bronscheiding (transitie)
 - Bronmaatregelen tegengaan verontreiniging door de hele maatschappij

Vragen of suggesties?

Meststoffen uit afvalwater, knap werk!

www.wur.nl/knap



KNAP