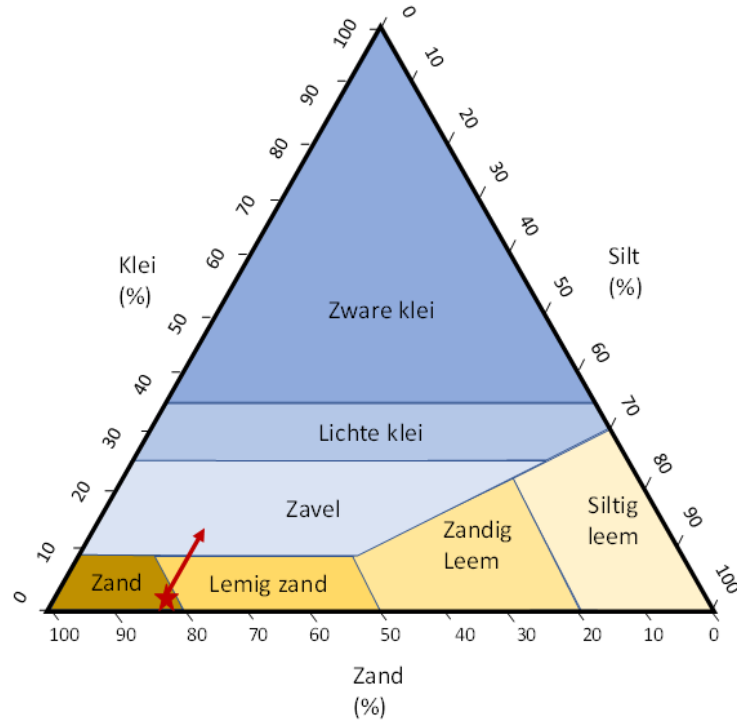


Agro innovatiecentrum De Marke





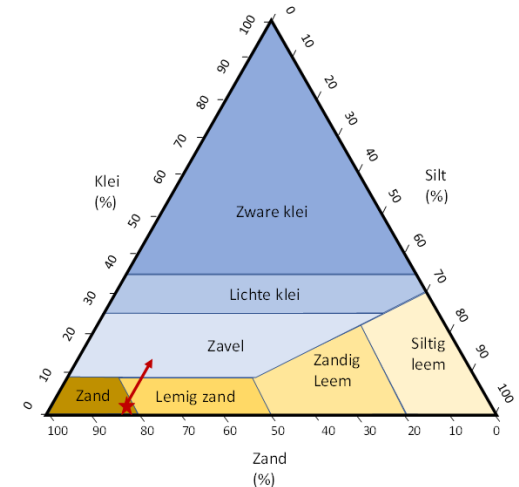
Klei in zand – Doel?



Klei in zand

Omvang potentie

- 1.000.000 m³ kuub jaarlijks beschikbaar, komt vrij bij afgraving:
 - Natuuraanleg
 - Industrie
 - Woningen
 - Infrastructuur
- Veelal gedumpt in zandwinningsputten
- 100.000 geschikt voor landbouw
 - PFAS concentratie lager dan toekomstig perceel





Hogere opbrengst en betere

bodemstructuur door klei in zand

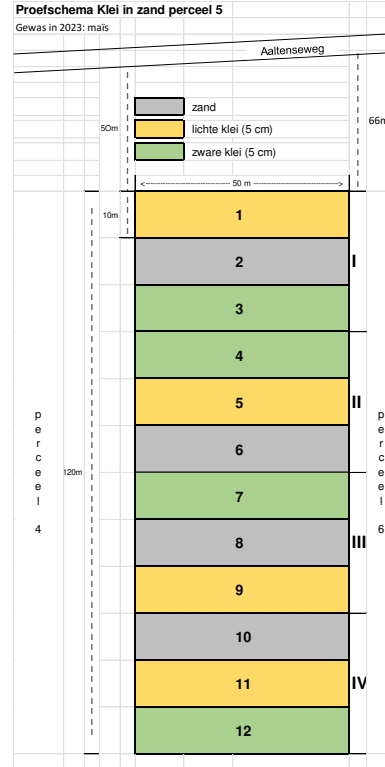
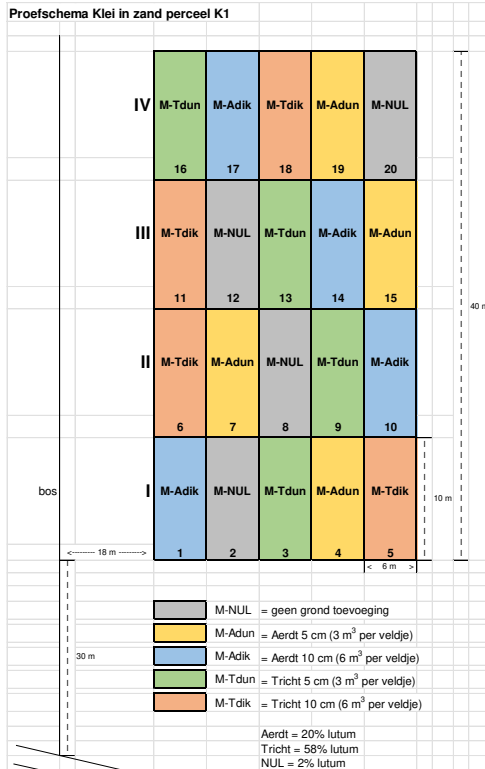
Stimuleer opbouw OS

Veldproeven:

- Gras
 - Frequentie: Jaarlijks lichte en zware klei toevoegen
 - 1,5 cm per keer, 3 jaar
- Mais
 - Frequentie: Éénmalig lichte en zware klei toevoegen
 - 5 cm één keer



Proefveldschema's



Klei in zand

Tabel 1: Parameters van de aangevoerde klei

Aangevoerde klei	Lichte klei	Zware klei
Organische stof (%)	2,9	4,6
N (kgN/ha) totaal	5470	11.610
pH	6,9	6,2
Klei (<2 µm) (%)	20	58
Silt (2-50 µm) (%)	30	27
Zand (>50 µm)(%)	43	7

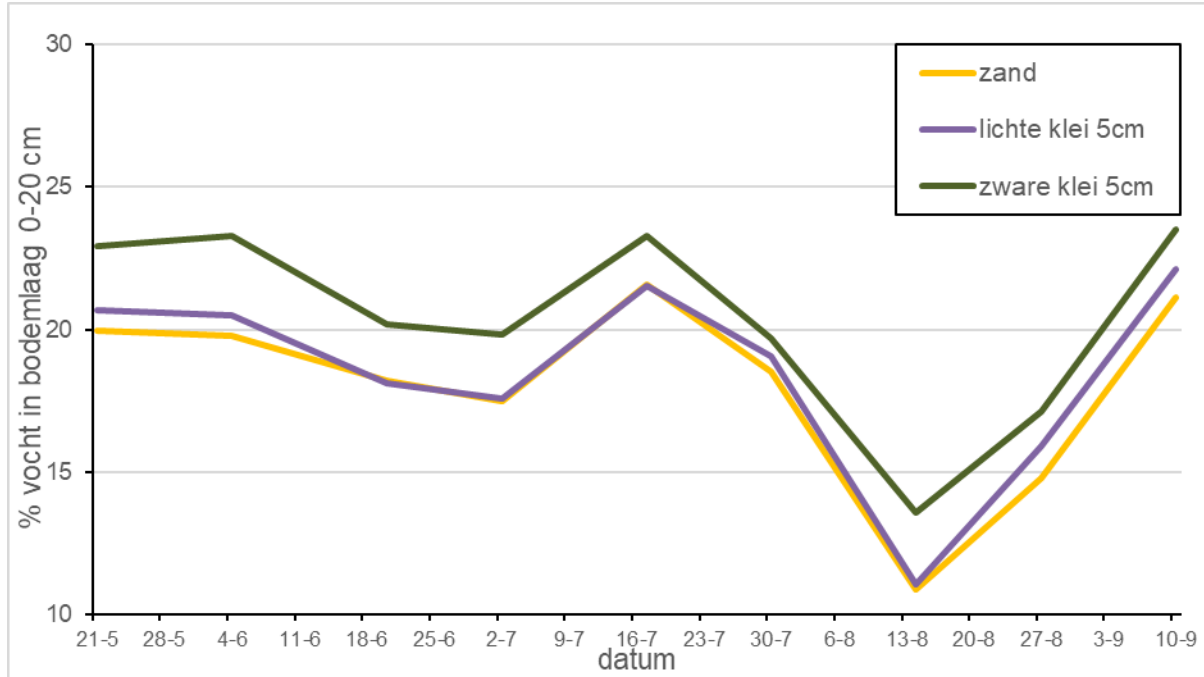
Tabel 2: Geteelde gewassen op de proefvelden K1 en 5

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Perceel K1	maïs	maïs	maïs	gras	gras	gras	maïs
Perceel 5	gras	gras	gras	maïs	maïs	maïs	gras

Tabel 3. Bodemanalyses gemeten in februari 2024 in de bodemlaag 0-20 cm.

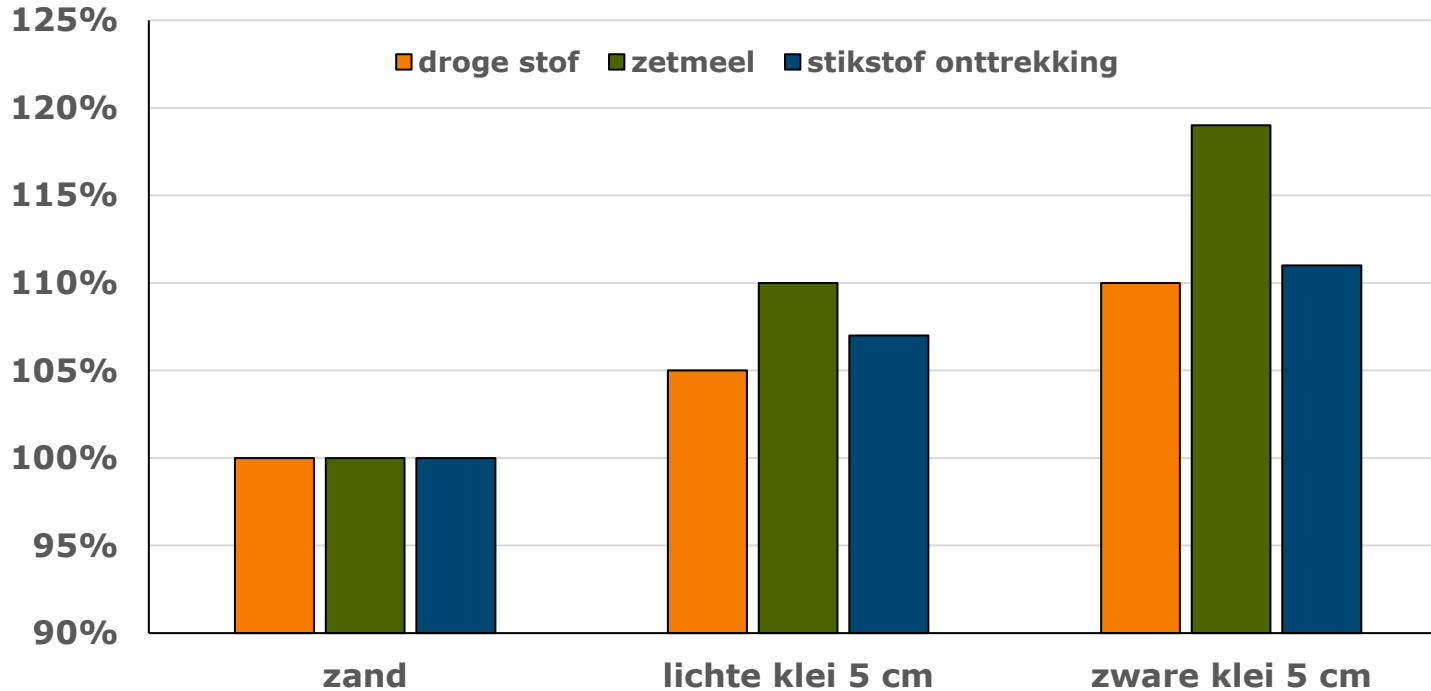
Behandeling	OS (%)	CEC (mmol+/kg)	Lutum (%)	Silt (%)	Zand (%)
Zand	5,1	82,8	1,3	10,3	83,8
5 cm lichte klei	5,0	113,8	2,0	11,9	81,3
5 cm zware klei	5,4	96,8	3,3	10,5	80,9

Klei in zand - bodemvocht



- Het perceel is op 1 juli, 15 juli en 22 augustus berekend met een gift van 30 mm
- Het toevoegen van 5 cm zware klei 1-2% hoger bodemvochtgehalte (data v. 7 jaar)

Klei in zand - opbrengsten



Relatieve opbrengsten snijmais. De opbrengst en stikstofonttrekking is gemeten in periode 2019 tot 2025. De zetmeel opbrengst is gemeten in periode 2022-2025.

Klei in zand - opbrengsten

Tabel 4. Relatieve opbrengsten snijmais. De opbrengst en stikstofonttrekking is gemeten in periode 2019 tot 2025. De zetmeel opbrengst is gemeten in periode 2022-2025.

	Opbrengst	Zetmeel	Stikstof- onttrekking
Behandeling	kg ds.ha ⁻¹	kg ds.ha ⁻¹	kg.ha ⁻¹
Zand	100%	100%	100%
Lichte klei 5cm	105%	110%	107%
Zware klei 5cm	110%	119%	111%



Klei in zand - Financieel

- Uitgangssituatie: 15 jaar terug verdienen en 10% hogere droge stof opbrengst.
- €0,- per m³ op kopakker + €6 per m³ verdelen = €3000 per ha = 0,11 kg ds
- €4,- per m³ op kopakker + €6 per m³ verdelen = €5000 per ha = 0,19 kg ds



Samenvatting resultaten

Rapport: Effecten van verrijking zandbodem met klei in mais- en grasteelt op Agro-innovatiecentrum De Marke (<https://edepot.wur.nl/691484>)

- Bij 5 cm zware klei meeropbrengst van mais:
 - 7-19% droge stof
 - 7-35% zetmeel
- Het bodemvochtpercentage is 1-2 procentpunt hoger bij 5 cm zware klei
 - Door hogere opbrengst wel meer water verbruik, dus met eenzelfde hoeveelheid water is meer droge stof geproduceerd
- Geen verschil in voorraad N_{min} in de bodem
 - Hogere opbrengst bij 5 cm zware klei betekent wel hogere stikstofopname
- Een homogene menging van klei door de bouwvoor is na 6 jaar nog niet voldoende bereikt

Klei in zand - Advies

- Kies voor zware klei >30% lutum
- Advies dosering 5 cm = 500 m³ per ha
- Start met 2 ha en 1000 m³ klei
- Voorkom bodemverdichting of gebruik woeler (Veenhuis) indien nodig



Toepasbaarheid?

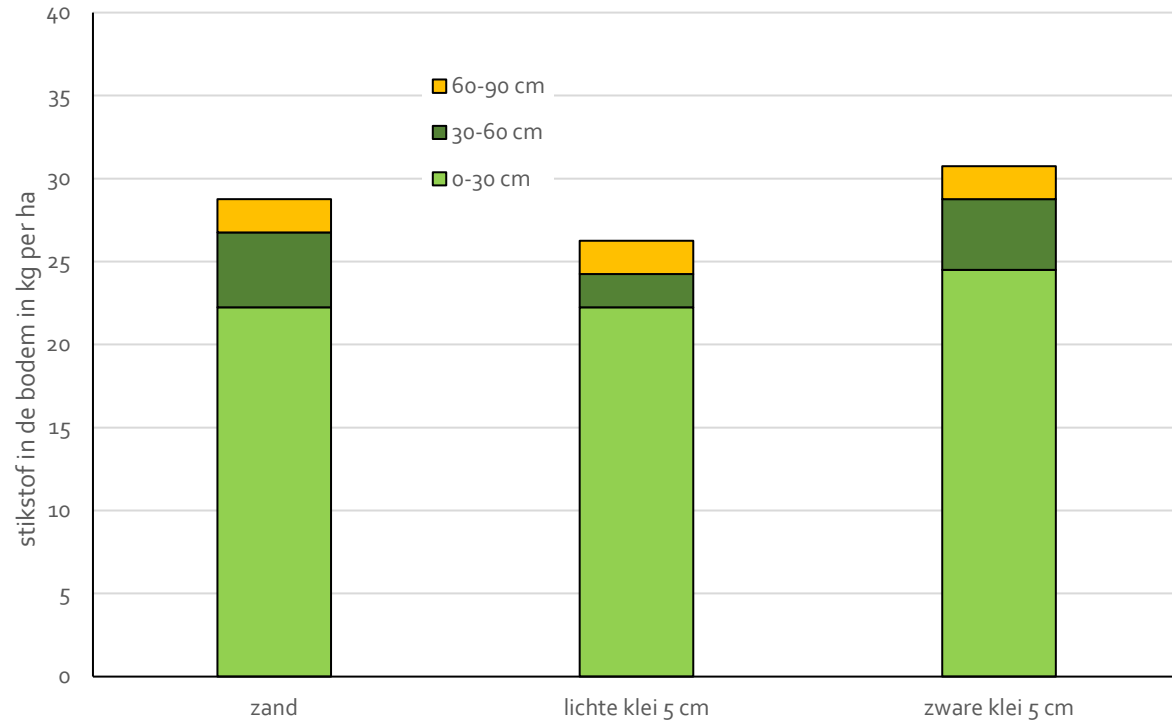




Aanvullende onderzoeksvragen

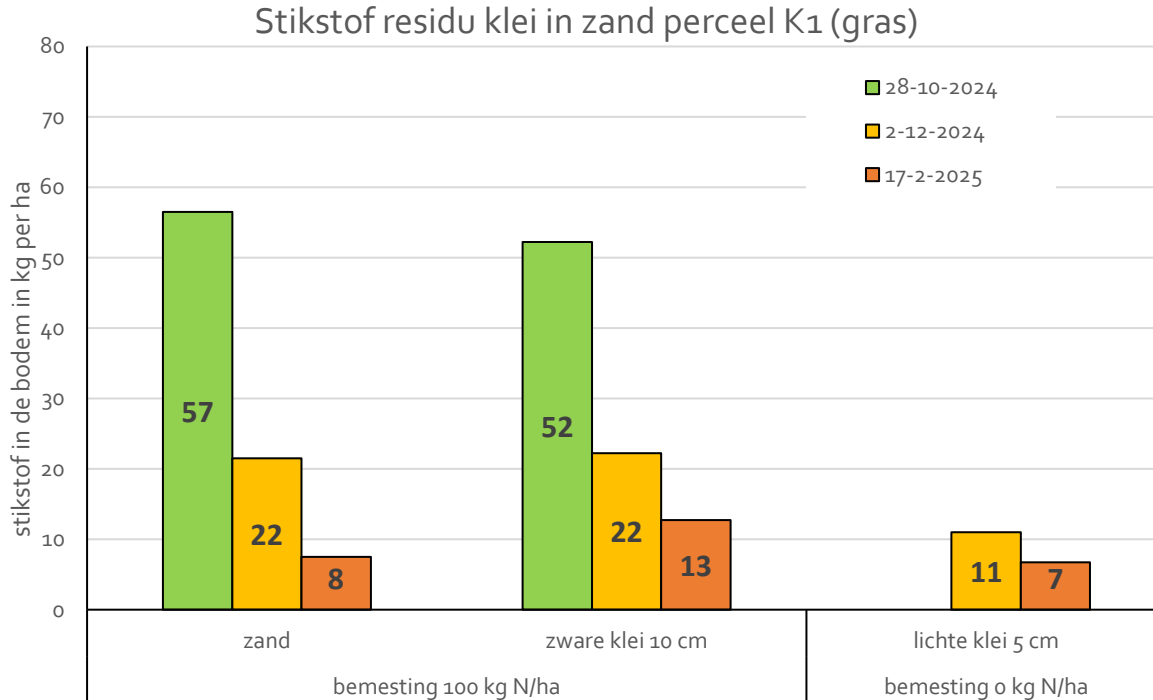
- Zorgt toevoeging van klei voor verminderen kans nitraat uitspoeling?
- Welk effect heeft toevoeging klei op regenwormen?
- Beste bewerking: Klei onder ploegen of spitten?
- Klei beperkt negatief effect 70 cm spitten?

Zorgt toevoeging van klei voor verminderen kans nitraat uitspoeling?



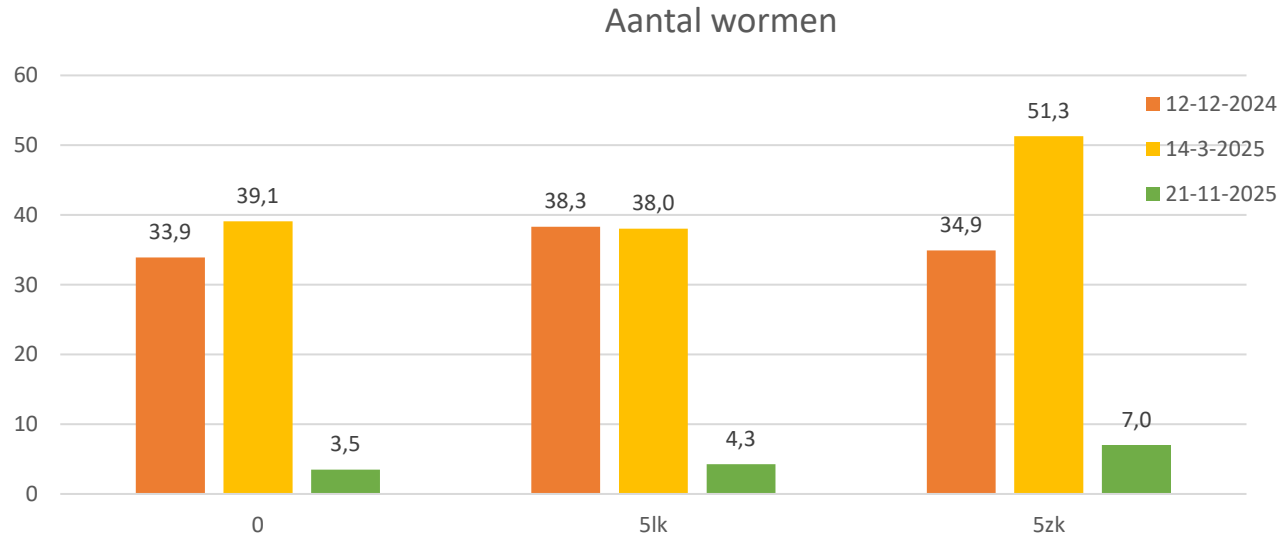
- Geen verschil meetbaar

Zorgt toevoeging van klei voor verminderen kans nitraat uitspoeling?



- 100 kg N op 23-09-2026
- 6^e snede stalgevoerd 18-10-2024

Welk effect heeft toevoeging klei op regenwormen?



- Grasklaver 2022, 2023, 2024
- Snijmaïs 2025

Beste bewerking: Klei onder ploegen of spitten?

- Geen verschil kunnen meten.

Klei beperkt negatief effect 70 cm spitten?

Perceel 22: aanleg in 2025:

mais

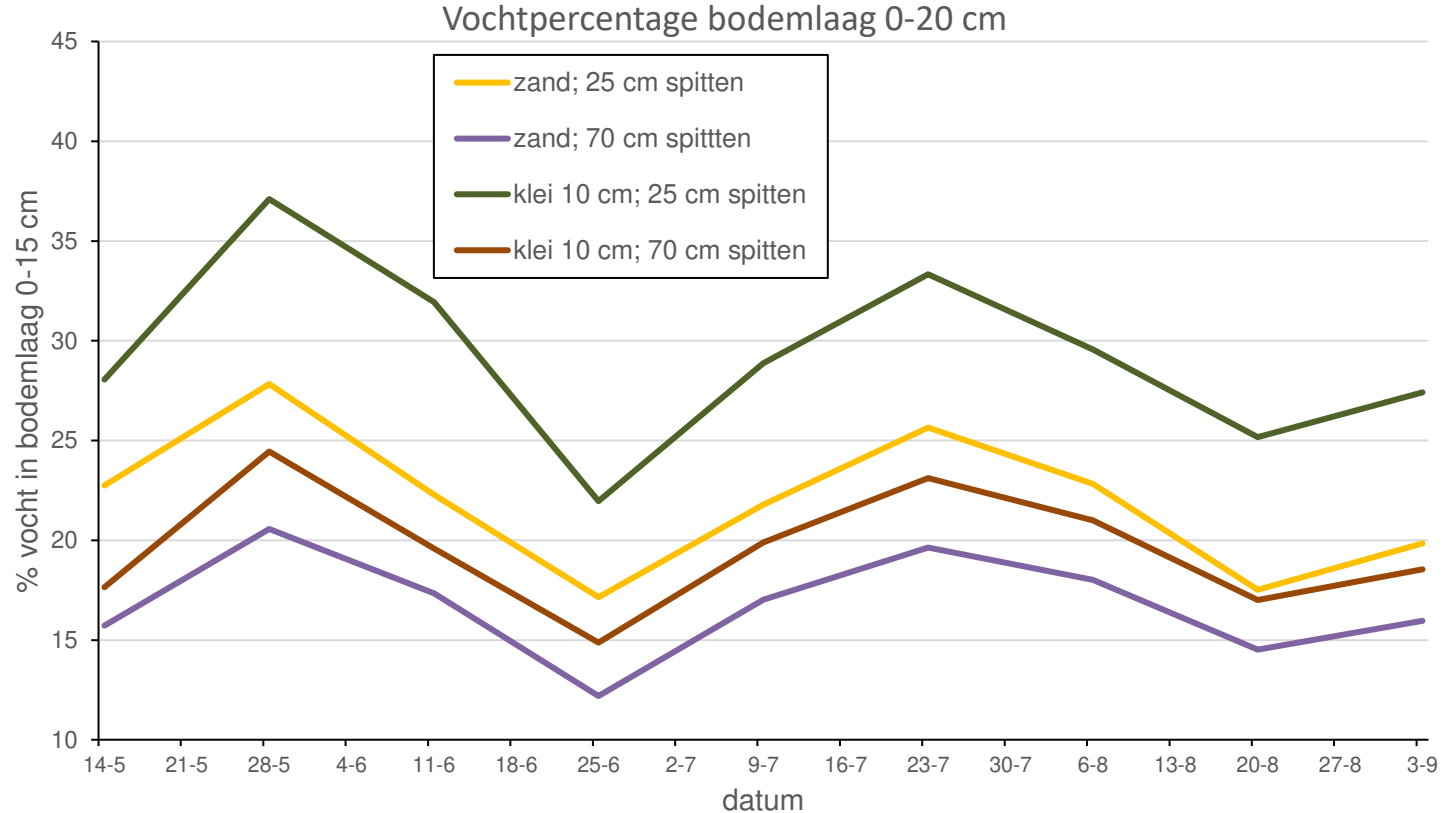
2025

vier herhalingen

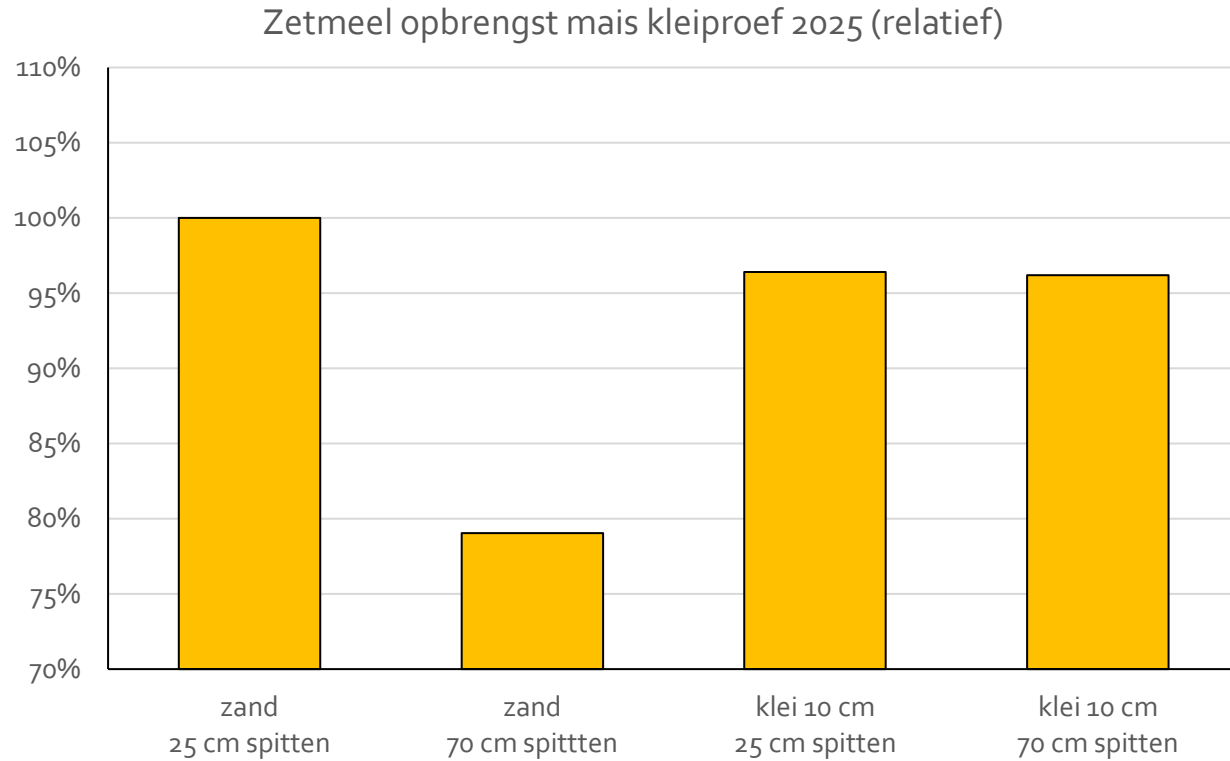
- Geen klei; 25 cm spitten
- Geen klei; 70 cm spitten
- Klei 10 cm (52% lutum); 25 cm spitten
- Klei 10 cm (52% lutum); 70 cm spitten



Bodemvocht p.22 2025

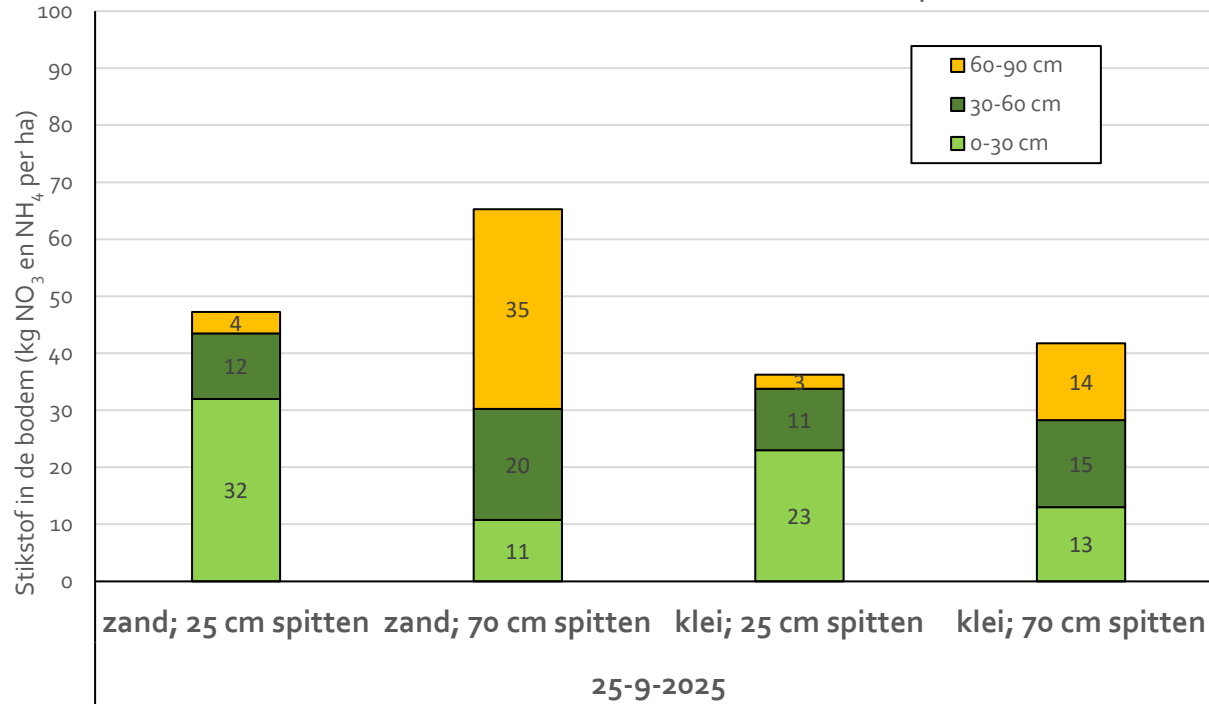


Zetmeel opbrengst mais p. 22 (relatief)



Stikstofresidu mais p. 22 najaar 2025

Minerale stikstof klimaatkeren p. 22



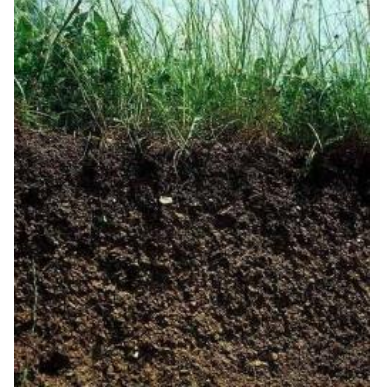
Vragen?



Samenvatting: Organische stof (OS)

Focus op:

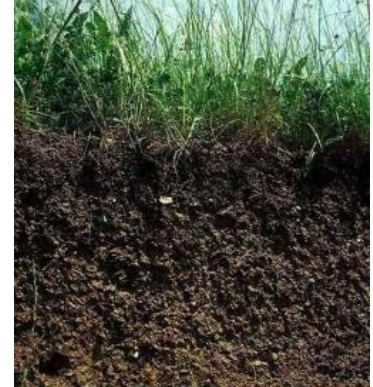
- Beperken afbraak OS
 - Minimaliseer bodembewerkingen
 - Geen continue maïsteelt
 - Groenbemester
- Stimuleer opbouw OS
 - EOS aanwenden
 - Vruchtwisseling
 - Klei toevoeging



Samenvatting: Organische stof (OS)

Focus op:

- Beperken afbraak OS
 - Minimaliseer bodembewerkingen
 - Geen continue maïsteelt
 - Groenbemester
- Stimuleer opbouw OS
 - EOS aanwenden
 - Vruchtwisseling
 - Klei toevoeging



Stimuleer opbouw OS

- Klei in zand



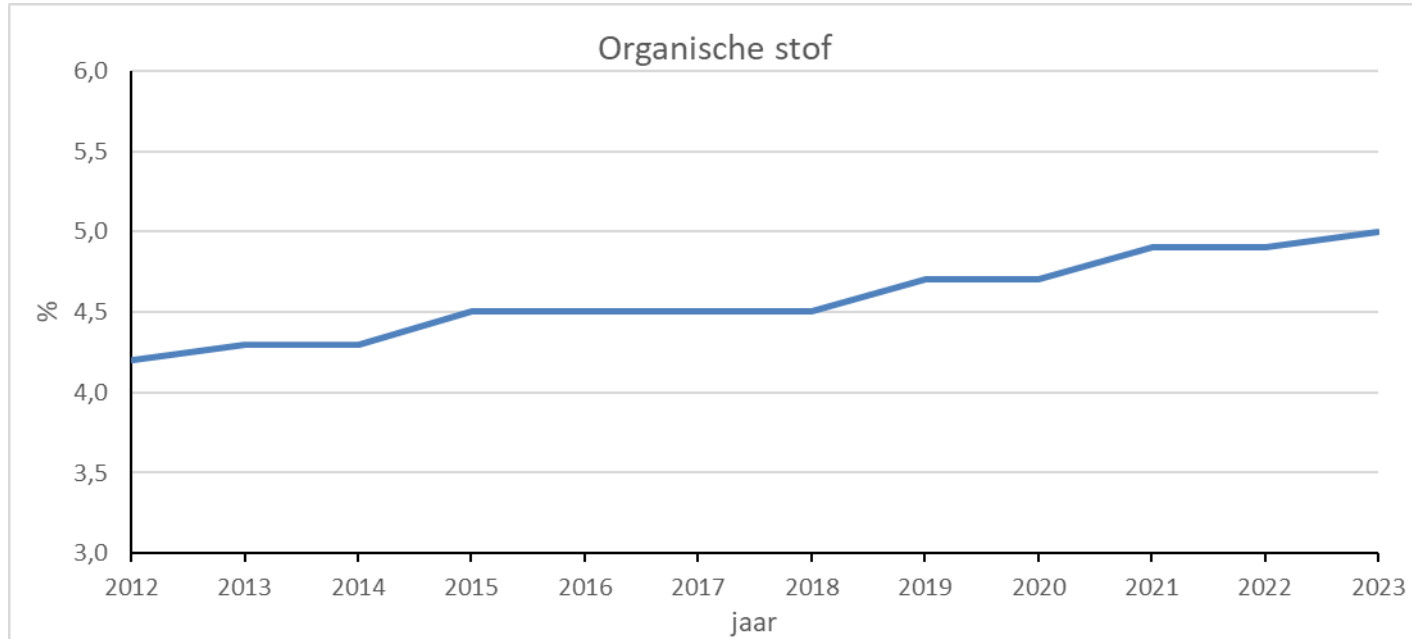


Vanggewas en groenbemester (kg/ha)

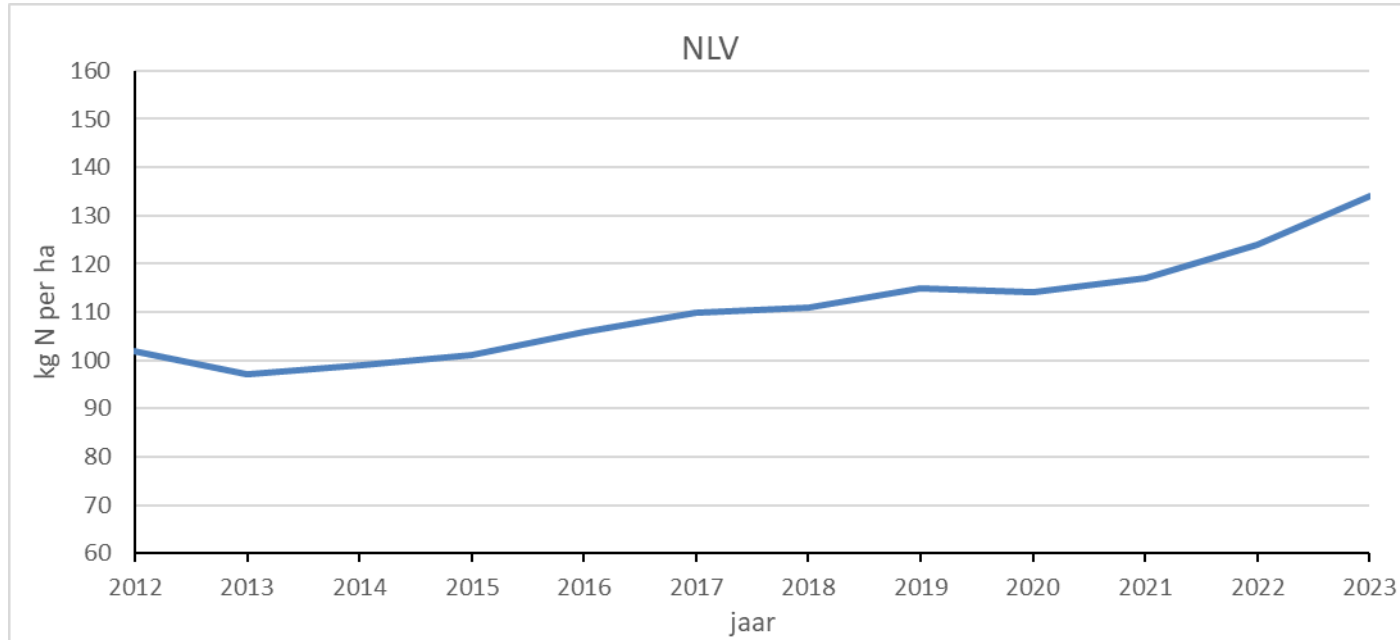
zaai groenbemester	stikstof opname	stikstof nalevering	EOS
15 augustus	100	50	600
1 september	80	40	480
15 september	50	25	300
Onderzaai oogst 4e week sept	40	20	240
1 oktober	20	10	120
Na 15 oktober	5	0	30

Bron: Wageningen Plant Vredepeel

Verloop van het organische stofgehalte De Marke Van de bemonsterde percelen 2012 - 2023



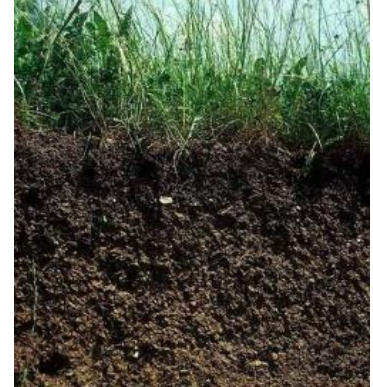
Stikstofleverendvermogen (NLV) De Marke Van de bemonsterde percelen 2012 - 2023



Organische stof

1% organische stof extra geeft per ha: (25 cm bouwvoor)

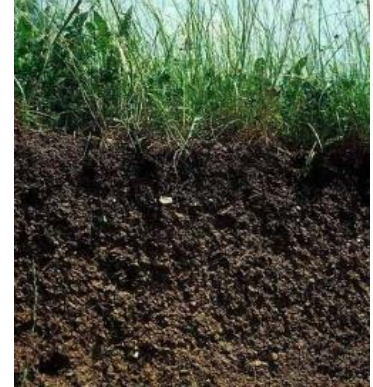
- ± 1320 kg extra droge-stof opbrengst (€ 200 – € 250)
 - 7 mm extra vochthoudend vermogen
 - Meer en actiever bodemleven (wormen en schimmels)
 - 25 kg hogere N levering



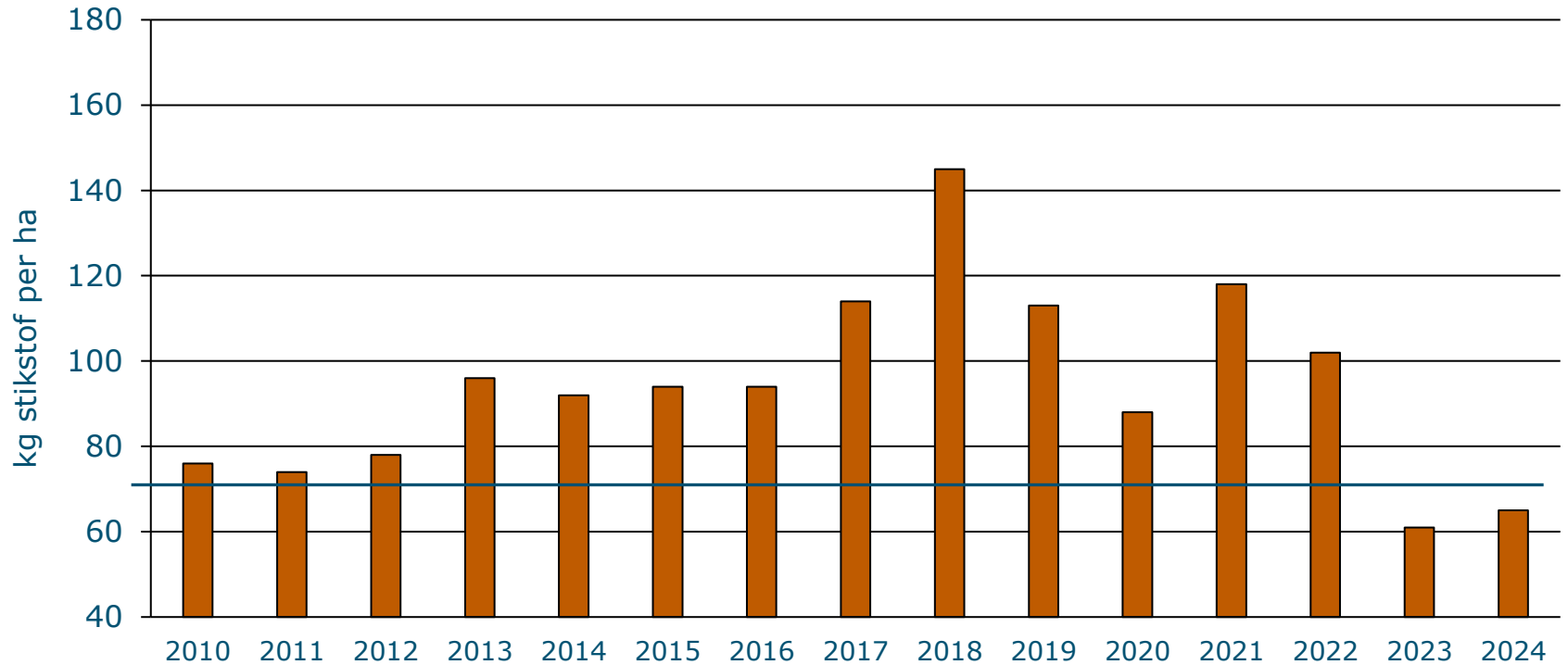
Samenvatting: Organische stof (OS)

Focus op:

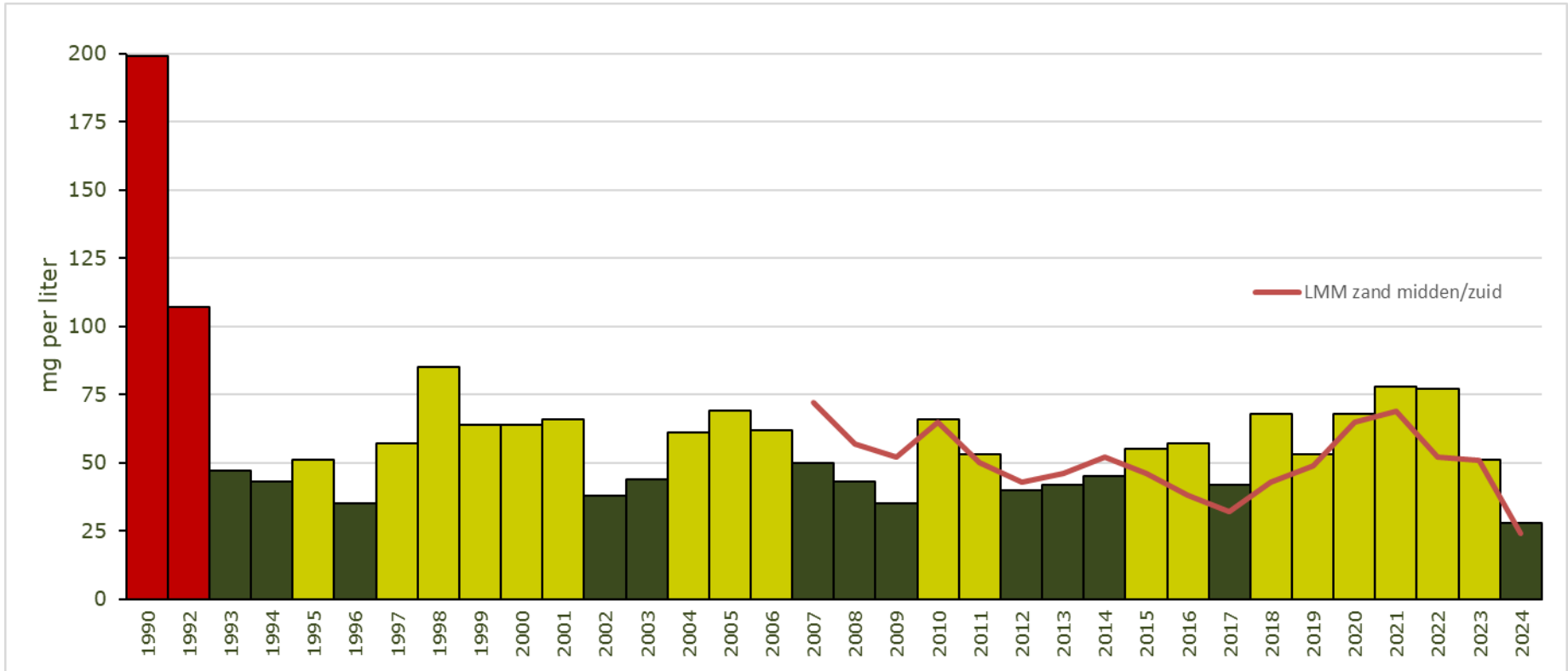
- Beperken afbraak OS
 - Minimaliseer bodembewerkingen
 - Geen continue maïsteelt
 - Groenbemester
- Stimuleer opbouw OS
 - EOS aanwenden
 - Vruchtwisseling
 - Klei toevoeging



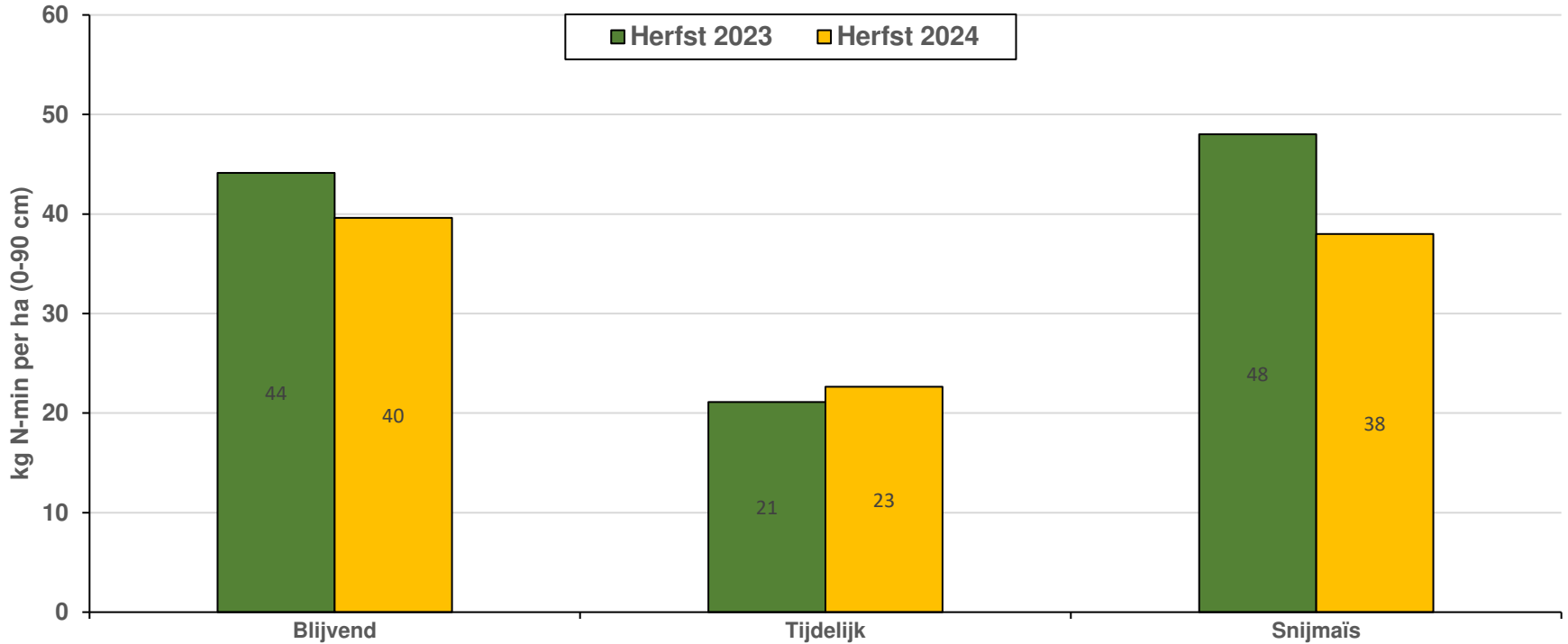
Stikstofbodemoverschot



Nitraat bovenste grondwater De Marke



Beschikbare stikstof (N-min) najaar (0-90 cm)



VK-OOST

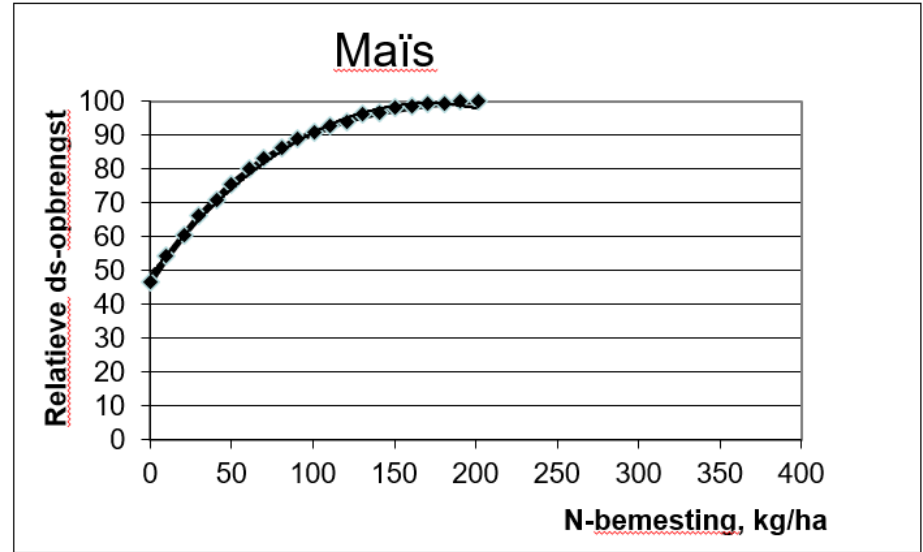
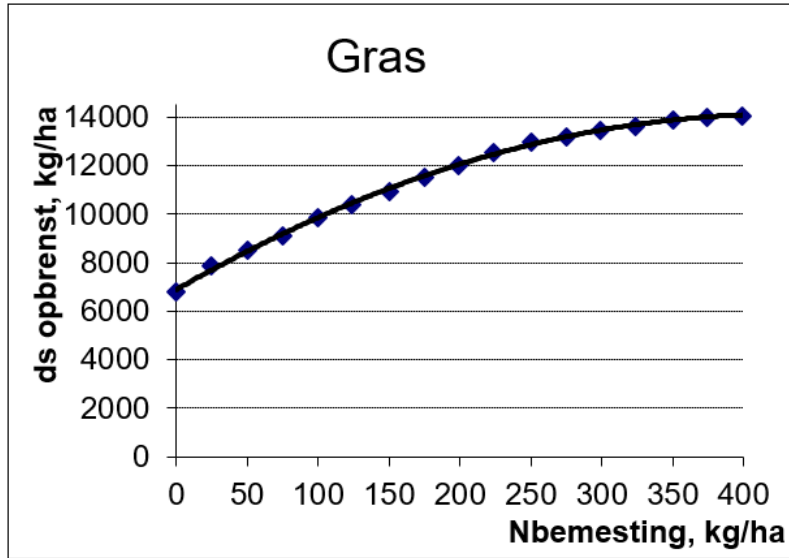


Aandachtspunten teeltplan

- Maximaal 3 jaar gras
- Geen mest op scheurland (teeltplanbemesting)
- Bieten na gras: benut de oude zode
- Geen vlinderbloemigen na gras: slaat slecht aan
- Wintergraan na mais: extra opbrengst
- Gras-klaver-kruiden na graan: mooi zaaitijdstip
- Aanvulling organische stof met groenbemester en compost



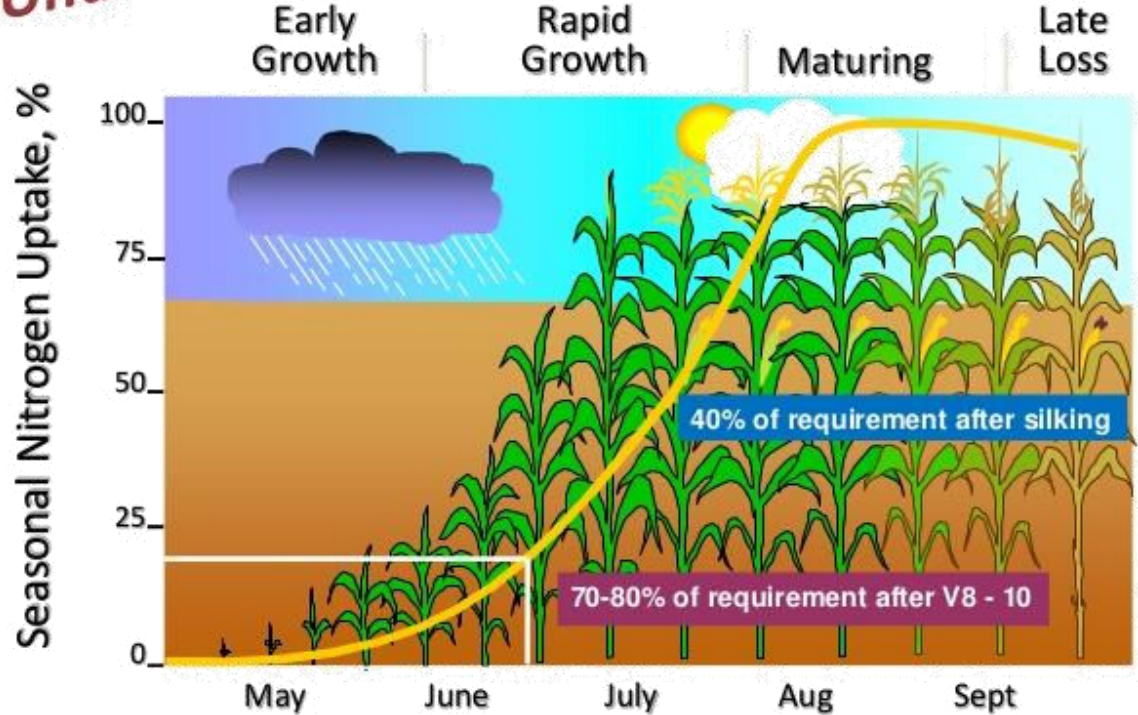
Hoe verdelen over snijmaïs en gras?



Curve van maïs loopt steiler en vlakt bij lagere N af t.o.v. gras

Snijmais:
Belang van
nutriënten
vasthouden

Understanding the Crop



Bemesting mais

- Bepaal de mestgift voor maisland : scherp sturen
 - Uitgangspunt: 140 kg N / ha (kost max 1-2% opbrengst)
 - Binnen norm = : 30 m³/ha + 30 kg N in de rij
 - 30 kg N uit groenbemester/vanggewas
 - Kali naar behoefte (10 kg / ton ds)
 - ± 20 kg extra P₂O₅ nodig → compost ! Vanaf 2026 kunstmest.
 - Scheurgrond geen bemesting. Evt. 20kg N in de rij

- Er blijft zo meer mest beschikbaar voor grasland

Vroeg dierlijke mest op grasland

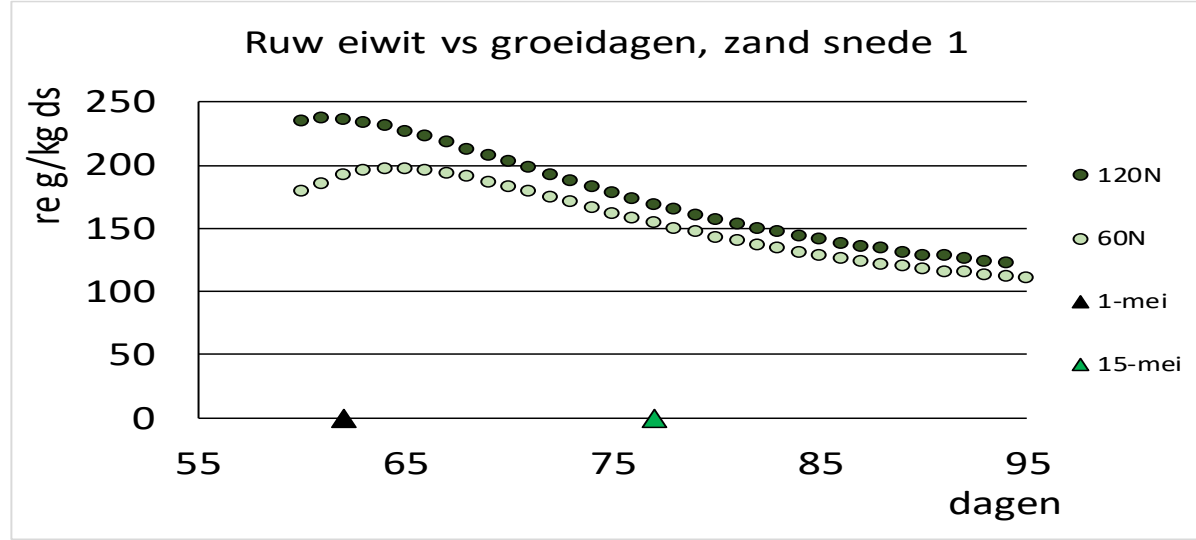
- Hoogste N-werking op jaarbasis
- Laagste ammoniak-emissie

Maand van toediening	feb	mrt	april	mei	juni	juli	aug	sept	okt	totaal
februari	2,4	3,3	4,6	6,4	7,9	7,7	6,3	4,1	2,3	45,0
maart	--	3,4	4,8	6,7	8,1	8,0	6,5	4,2	2,3	44,0
april	--	--	5,0	7,0	8,6	8,4	6,8	4,4	2,5	42,7
mei	--	--	--	7,6	9,2	9,1	7,4	4,8	2,6	40,7
juni	--	--	--	--	10,4	10,2	8,3	5,3	3,0	37,2
juli	--	--	--	--	--	12,1	9,7	6,3	3,5	31,6
augustus	--	--	--	--	--	--	11,8	7,6	4,2	23,6
september	--	--	--	--	--	--	--	9,2	5,1	14,3

Berekend: N-mineralisatie in % per maand van de Norg-fractie van RVDm.

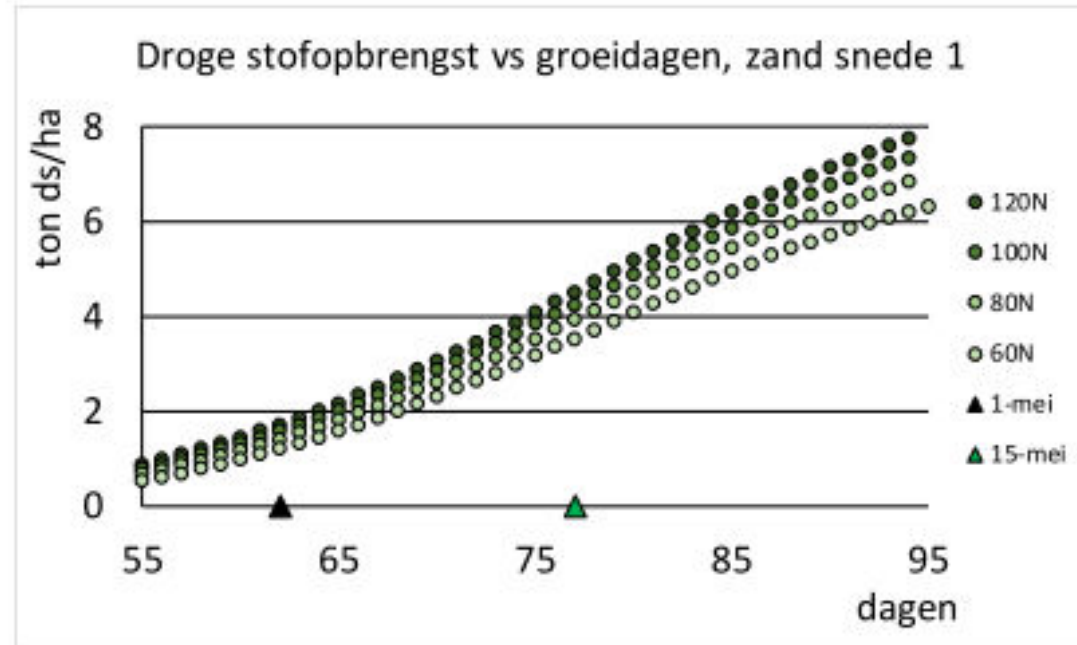
Voorbeeld: zand eerste snede

- Hoe verandert re-geh met N-bemesting?
- Hoe snel verandert re-geh in tijd?
 - 3.5-4.5 gr per dag, afhankelijk van Ngift en snedezwaarte



Aan welke knoppen ga je draaien?

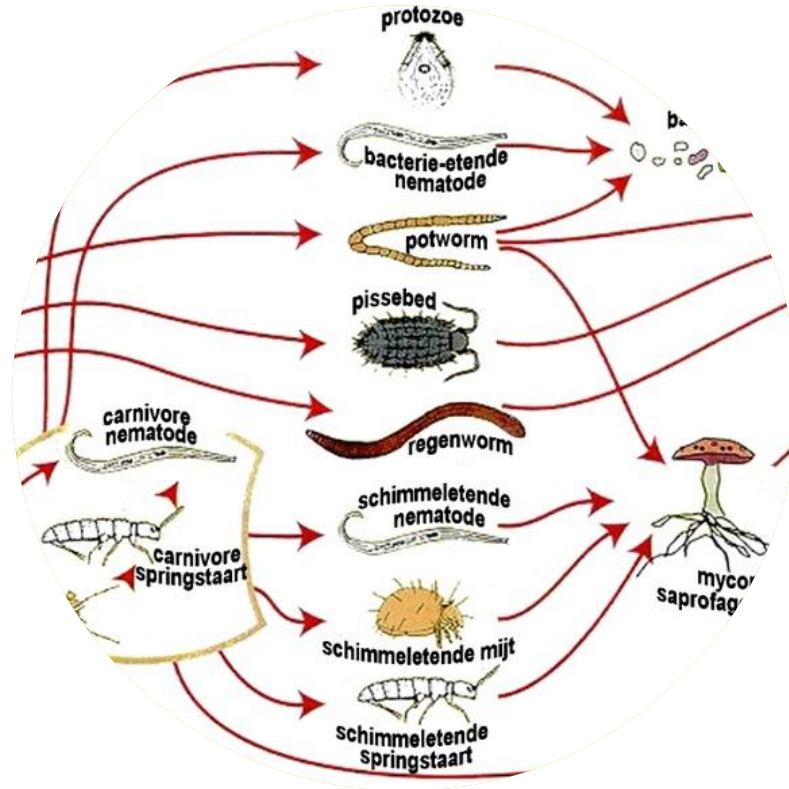
- N bemesting :
meer / minder N bemesten
- Maaistadium :
eerder / later maaien
- Hoeveel dan en
welke gevolgen heeft dat?



**Thanks for
your attention!**



Het belang van bodemleven

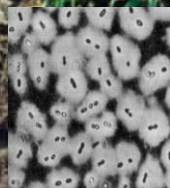




zit er aan gewicht nog
5 koeien onder de grond



Deze ondergrondse koeien bestaan uit:



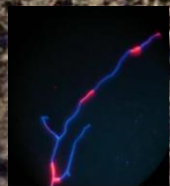
Bacteriën



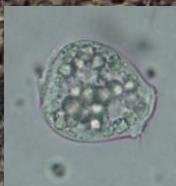
Nematode



Springstaarten



Schimmels



Protozoa



Potwormen



Regenwormen

Wormen: de pendelaar





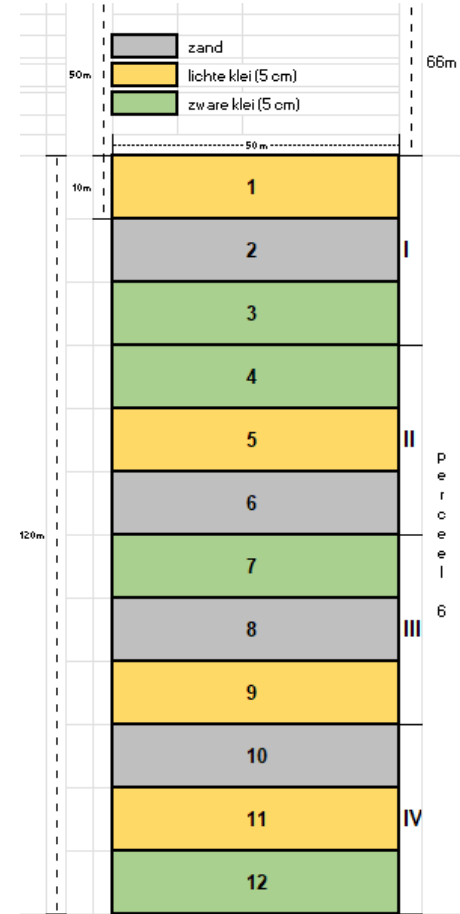
Proefveld

Metingen:

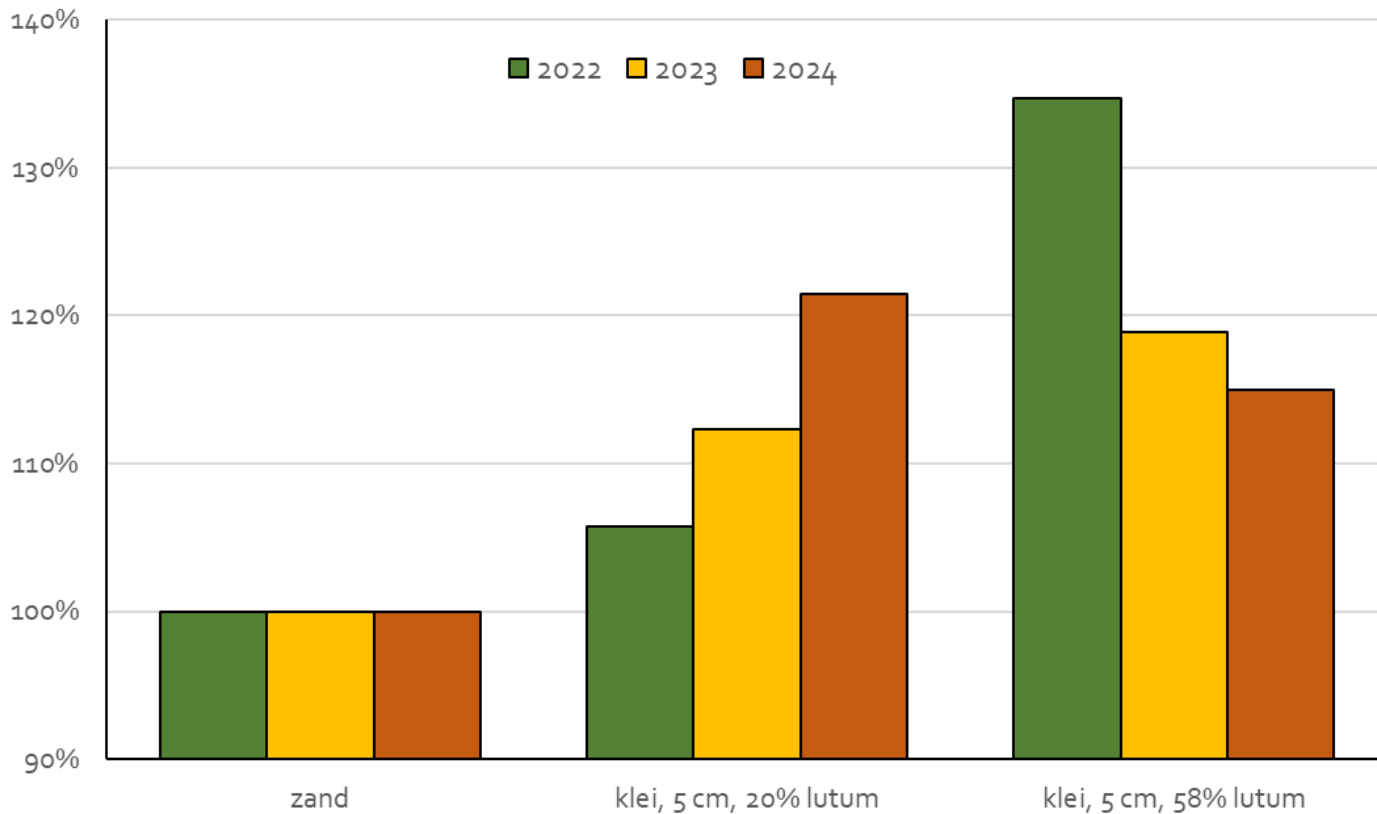
- Bodemanalyses (OS, C, CEC, etc)
- Bodemvochtmetingen
- Opbrengst en voederwaardes
- Minerale stikstof na oogst, 1 december en 1 februari

Overig:

- 5 á 6 € per m³
- Kies voor zware klei >30% lutum
- Advies dosering 5 cm = 500 m³ per ha



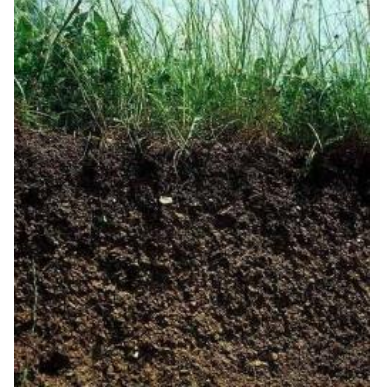
Zetmeel opbrengst maïs (relatief)



Organische stof

1% organische stof extra geeft per ha: (25 cm bouwvoor)

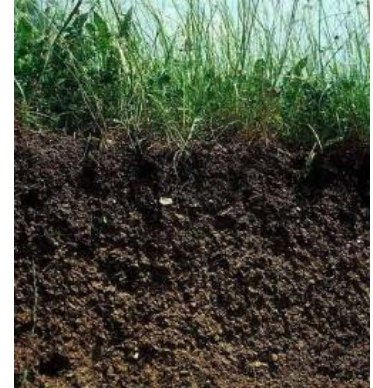
- ± 1320 kg extra droge-stof opbrengst (€ 200 – € 250)
 - 7 mm extra vochthoudend vermogen
 - Meer en actiever bodemleven (wormen en schimmels)
 - 25 kg hogere N levering



Organische stof (OS)

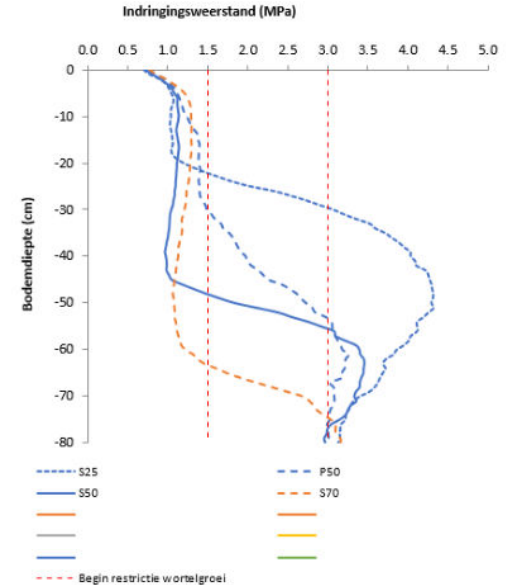
Focus op:

- Beperken afbraak OS
 - Minimaliseer bodembewerkingen
 - Geen continue maïsteelt
 - Groenbemester
- Stimuleer opbouw OS
 - EOS aanwenden
 - Vruchtwisseling
 - Klei toevoeging



Beperken afbraak OS

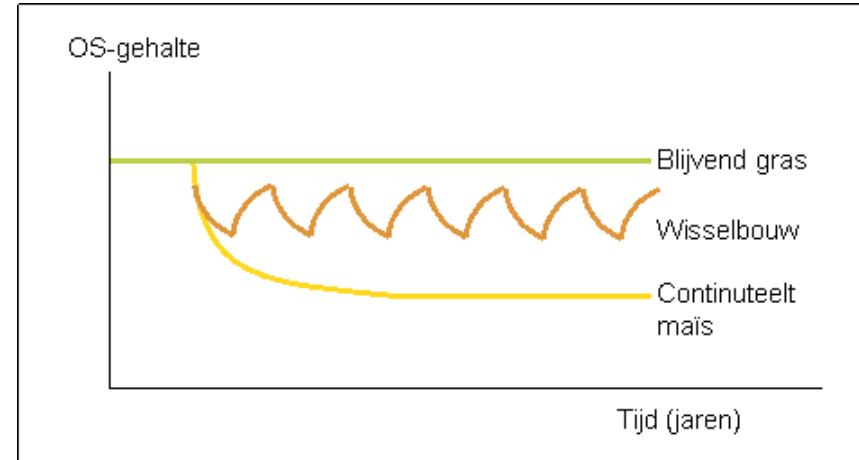
- Minimaliseer bodembewerkingen
 - Bewerking = meer zuurstof in bodem = oxidatie (verbranding) OS
 - Voorjaar ecoploeg – najaar diepwoeler
 - Voorkom bodemverdichting



Beperken afbraak OS

- Geen continue maïsteelt

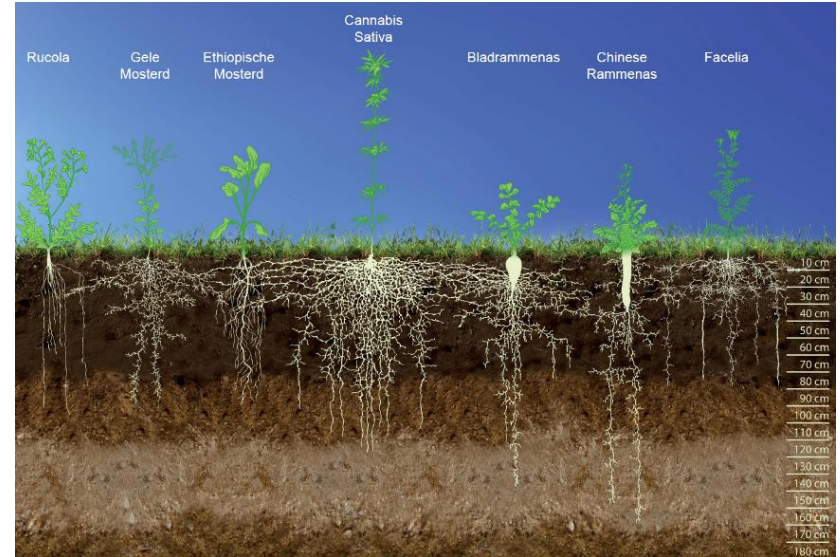
	OS (%)	NLV (N/ha)
36 jaar grasland	5.7	159
3 jaar gras na 3 jr maïs	3.3	93
3 jaar maïs na 3 jr gras	3.8	102
36 jaar snijmaïs	2.3	55



Beperken afbraak OS

■ Groenbemester

- Bladkool
- Bladrammenas
- Gras
- Japanse haver
- Triticale
- Italiaans raaigras
- Wintergerst
- Winterrogge
- Wintertarwe
- **Een mengsel geeft het beste resultaat!**



Vanggewas en groenbemester (kg/ha)

zaai groenbemester	EOS
15 augustus	600
1 september	480
15 september	300
Onderzaai oogst 4e week sept	240
1 oktober	120
Na 15 oktober	30

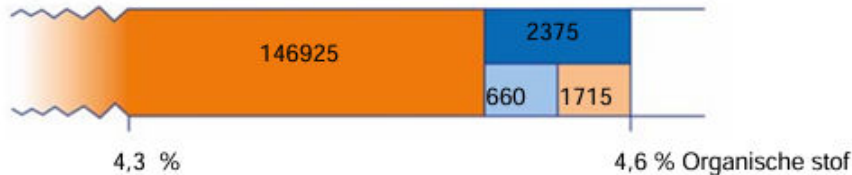
Bron: Wageningen Plant Vredepeel

Stimuleer opbouw OS

- EOS aanwenden = Effectieve organische stof (EOS) = de hoeveelheid organische stof die een jaar na aanvoer nog aanwezig is

Bodemanalyse

Organische stof Figuur: Organische stofbalans



Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 1,6

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer via gewasresten (gemiddeld binnen opgegeven bouwplan of gewassen).
- Nog aan te vullen via bijv. dierlijke mest, groenbemesters en/of compost.

Gewas(rest)	Aanvoer effectieve organische stof
Snijmais in continueelt	660
Gemiddelde aanvoer/jaar	660

Om het organische stofgehalte met 0,1% te verhogen dient u een extra hoeveelheid effectieve organische stof aan te voeren van: 3245 kg per ha.

potentiële organische stof aanvoer van verschillende mestsoorten (Koopmans et al., 2018)

	Organische stof (kg/ton vers)	Effectieve organische stof (EOS) (kg/ton vers)	kg EOS per kg fosfaat	Kg EOS per kg stikstof
Drijfmest				
Dunne fractie varkensmest	53	17	7	3
Rundvee	71	50	33	18
Vleesvarkens	79	26	7	7
Vaste mest				
Rundvee	155	109	25	20
Varkens (stro)	153	50	6	6
Pluimvee	416	137	7	5
Compost				
GFT-compost	242	218	50	27
Groencompost	179	161	73	36
Champost	211	106	24	14
Bokashi (bermmaaisel 8 weken)	157	126	66	35

Compost of mais als MKS oogsten

20 ton compost/ha

- 80 kg N
- 32 kg P2O5
- 48 kg K2O
- 3420 kg OS
- 2250 kg EOS



Mais-stro (±15t compost)

- 50 kg N
- 15 kg P2O5
- 80 kg K2O
- 4750 kg OS
- 1750 kg EOS

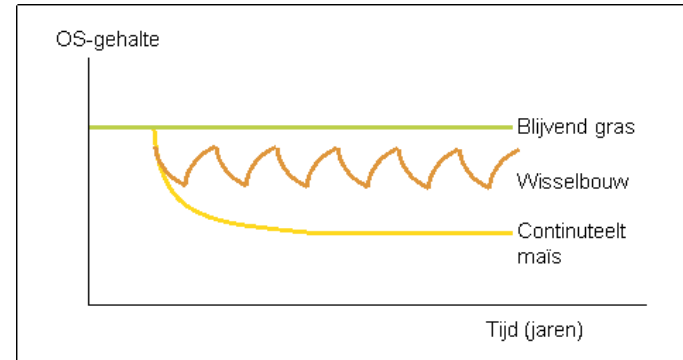


Rekenen

■ OS op niveau houden

- EOS nodig 3000 (afhankelijk OS gehalte)
- RVDM 40M₃ 1660 (33 - 50 EOS per ton)
- Wortels + stoppel 650
 - Resterend 690

- Onderzaai 240
- Groenbemester 1 okt 120



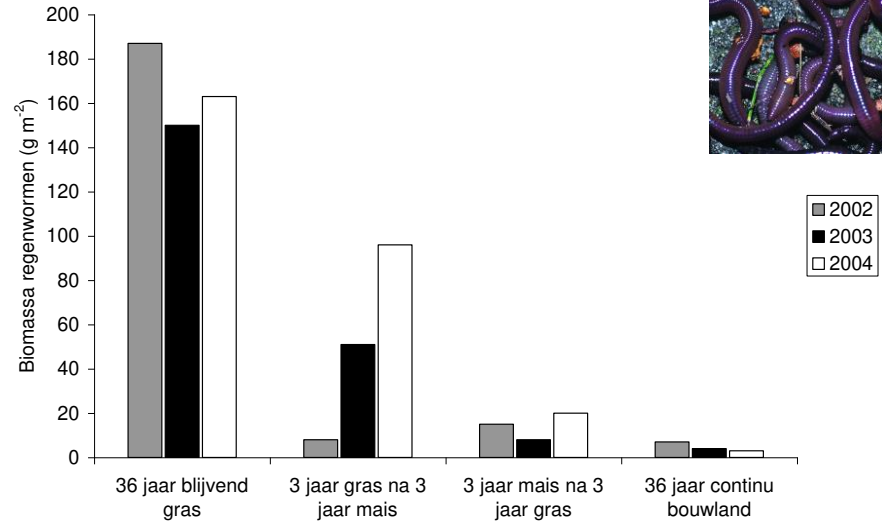
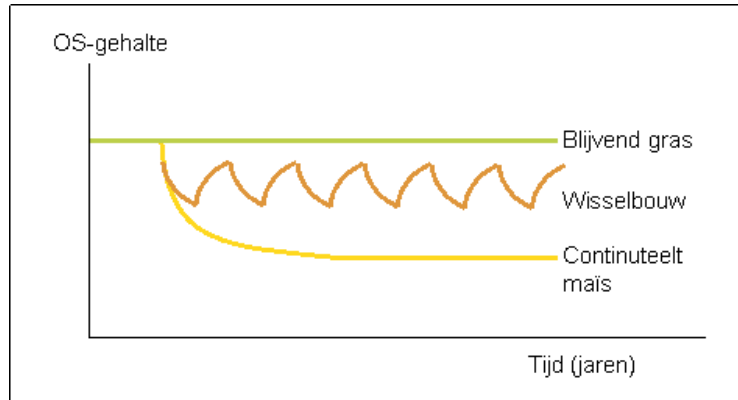
Vanggewas en groenbemester (kg/ha)

zaai groenbemester	stikstof opname	stikstof nalevering	EOS
15 augustus	100	50	600
1 september	80	40	480
15 september	50	25	300
Onderzaai oogst 4e week sept	40	20	240
1 oktober	20	10	120
Na 15 oktober	5	0	30

Bron: Wageningen Plant Vredepeel

Stimuleer opbouw OS

■ Vruchtwisseling



Van Eekeren et al. 2008

Optimaal teeltplan

Geen mest op scheurland

Blijvend grasklaver

40%

3 á 4 jaar kruidenrijkgrasland

40%

2 á 3 jaar maïsland

20%



Optimaal teeltplan

- Kruidenrijkgrasland
 - +2,55 ton droge stof p. ha
 - -115 kg N uit kunstmest nodig



Optimaal teeltplan

Geen mest op scheurland

Blijvend grasklaver 5 jaar kruidenrijkgrasland 2 jaar maïsland 1 jaar akkerbouw

20%

50%

20%

10%



200 kg N/ha

75 kg N/ha

0 kg N/ha



36 jaar continue
maisteelt

200 kg N/ha

75 kg N/ha

0 kg N/ha



Vruchtwisseling
1^e jaar na 3 jaar
grasklaver