



Europees Landbouwfonds
voor Plattelandsontwikkeling
Europa investeert
in zijn platteland



Vlaanderen
verbeelding werkt



LEADER Blik op de bodem

Demonstratie van precisielandbouwtechnieken voor pH-gevoelige teelten in Haspengouw

HAS17/GG/LEA/05

1/1/2018 – 30/6/2020

EINDRAPPORT



**Bodemkundige
Dienst van België** vzw



BOERENBOND
trouw aan land- en tuinbouw

**VLAAMSE
LAND
MAATSCHAPPIJ**



Vlaanderen
is open ruimte

Wijze van citeren:

Smets, Sander; Dillen, Jill (2020). Leader Haspengouw 'Blik op de bodem', eindrapport. Rapport uitgegeven door PIBO-Campus vzw (promotor) en Bodemkundige Dienst van België vzw (partner) binnen LEADER-project 'Blik op de bodem' (HAS17/GG/LEA/05). Rapport, 2020/06/30, 43 pp.

Projectgegevens:

Projectcode HAS17/GG/LEA/05
Projectperiode 1 januari 2018 – 30 juni 2020
Opdrachtgever LEADER Haspengouw
Universiteitslaan 1,
3500 Hasselt



Promotor PIBO-Campus vzw
Sint-truidersteenweg 323,
3700 Tongeren

pibocampus@pibo.be
www.pibo-campus.be



Partners Bodemkundige Dienst van België
vzw
W. de Croylaan 48,
3001 Leuven-Heverlee

info@bdb.be
www.bdb.be



Boerenbond
Jaarbeurslaan 29/bus 21
3600 Genk



Vlaamse Landmaatschappij
Kon. Astridlaan 51,
3500 Hasselt



Inhoudsopgave

1	Context en doelstelling.....	4
1.1	Demonstreren van het precisielandbouwproces (hoofddoelstelling)	4
1.2	Bodemkundig	4
1.2.1	Optimaliseren pH (hoofddoelstelling).....	4
1.2.2	Optimaliseren organisch koolstofgehalte (nevendoelelstelling)	5
1.2.3	Beter begrip krijgen in de elektrische geleidbaarheid 'EC' (nevendoelelstelling)	5
2	Materiaal en methode.....	7
3	Proefresultaten.....	8
3.1	Precisielandbouwproces	8
3.1.1	Bepalen van de variatie in de bodem.....	8
3.1.2	Bepalen van de variatie in gewasstand	12
3.1.3	Bepalen van de variatie in opbrengst.....	15
3.1.4	Variabel toedienen van kalk of groencompost	17
3.2	Bodemkundig	19
3.2.1	pH	19
3.2.1.1	Invloed van pH op wintergerst (proefpercelen 2 – 4)	19
3.2.1.2	Invloed van pH op suikerbieten (proefperceel 5).....	21
3.2.1.3	Gevolgen van bekalken voor het nitraatresidu (na wintergerst)	24
3.2.2	Organisch koolstofgehalte.....	26
3.2.2.1	Toedienen van groencompost voor de zaai van suikerbieten (perceel 1)	26
3.2.2.2	Gevolgen van het toedienen van groencompost voor het nitraatresidu (na suikerbieten).....	32
3.2.2.3	Opbouw organisch koolstofgehalte	33
3.2.3	Elektrische geleidbaarheid	37
4	Conclusie	41
4.1	Precisielandbouwproces	41
4.2	Bodemkundig	42
4.2.1	pH – wintergerst en suikerbieten.....	42
4.2.2	OC –toedienen van groencompost voor de zaai van suikerbieten	42
4.2.3	Elektrische geleidbaarheid (EC)	42
5	Bibliografie.....	43

1 Context en doelstelling

Een goede **bodemkwaliteit** is één van de belangrijkste bouwstenen voor een productieve en duurzame landbouw. Bodemkwaliteit omvat zowel de chemische, fysische als biologische bodemeigenschappen. Twee belangrijke chemische bodemeigenschappen zijn o.a. de pH¹ en het organisch koolstofgehalte. **Precisielandbouw** biedt nieuwe mogelijkheden om de variatie van de eigenschappen binnen een perceel in kaart te brengen en zo overal op peil te houden. Binnen de regio Haspengouw komen vele grote samengevoegde percelen met veel interne variatie voor, welke zich goed lenen tot het toepassen van precisielandbouw.

1.1 Demonstreren van het precisielandbouwproces (hoofddoelstelling)

In dit project werden nieuwe **precisielandbouwtechnieken** gedemonstreerd aan akkerbouwers uit regio Haspengouw. Deze technieken waren specifiek gericht op het **op peil houden van de pH** en het **organisch koolstofgehalte**. Het belang van een goede pH werd gedemonstreerd in pH-gevoelige teelten als **suikerbieten en wintergerst**, welke veelvuldig voorkomen in de betrokken regio. Bij pH-gevoelige teelten nemen de opbrengst en kwaliteit snel af bij een – voor het betrokken bodemtype – te lage pH².

1.2 Bodemkundig

1.2.1 Optimaliseren pH (hoofddoelstelling)

De pH wordt gedefinieerd als de zuurtegraad van de waterige bodemoplossing en wordt wiskundig opgetekend als $pH = -\log(H_3O^+)$ (Reubens et al., 2010). H_3O^+ -ionen zijn de zure ionen in de waterige bodemoplossing.

Voor leembodems hanteert de Bodemkundige Dienst van België een **pH-streefzone tussen 6,7 – 7,3**. Een pH binnen deze streefzone maakt het mogelijk dat fosfor, kalium, magnesium, zwavel en stikstof optimaal door het gewas uit de bodem opgenomen kunnen worden. Bij gronden met een te lage of te hoge pH worden bepaalde nutriënten minder goed opgenomen waardoor extra bemesten hier niet altijd zinvol is (Reubens et al., 2010).

De optimale pH is bovendien **gewasafhankelijk** én afhankelijk van het organische stofgehalte, zie Tabel 1. De optimale pH voor **wintergerst** en **suikerbieten** ligt bovenaan de streefzone.

Tabel 1. Optimale pH van verschillende teeltgroepen in een leembodem bij een optimaal organische stofgehalte. Het optimaal organische stofgehalte in een leembodem ligt tussen 1,2 – 1,6 % (volgens Bodemkundige Dienst van België) (VLM, 2019).

Teeltgroep	Optimale pH
Aardappelen	6,1
Groenten	7,2
Suikerbieten	7,2
Tarwe, triticale	6,6
Gerst	7,2
Maïs	6,6

Door natuurlijke processen en menselijke invloeden daalt de pH van landbouwbodems. Ca en Mg worden opgenomen door gewassen, Ca spoelt uit door neerslag en zure regen (SO₂) verzuurt de

¹ Tenzij anders vermeld wordt met pH steeds pH-KCl bedoeld

² Voor leembodems hanteert de Bodemkundige Dienst van België een pH-streefzone tussen 6,7 – 7,3

bodem. Ook biologische (afbraak)processen in de bodem hebben een verzurende werking. Bovendien werkt stikstofbemesting ook verzurend (Moermans, 2020).

Als de pH van het perceel beneden de streefzone ligt, wordt een bekalking aangeraden. Onder andere de Bodemkundige Dienst van België levert specifieke bekalkingsadviezen o.b.v. bodemstaalnames. Hierbij wordt rekening gehouden met de gemeten pH, de grondsoort, het organisch koolstofgehalte, de teeltrotatie en de eventuele nawerking van vorige bekalkingen (Moermans, 2020). Als de pH van het perceel (nog) binnen de streefzone ligt, wordt, afhankelijk van de teeltrotatie, een onderhoudsbekalking aangeraden. Hierbij worden driejaarlijks 1.500 zuurbindende waarden/ha toegediend.

Het snelste effect van een bekalking wordt verkregen wanneer gebruik gemaakt wordt van een **fijn kalkproduct** (groot aandeel in fractie < 0,15 mm (Moermans, 2020)) én de kalk **goed vermengd wordt met de bodem**. Het beste moment om kalk toe te dienen is het **najaar**. Voor de zaai van wintergerst wordt, ingeval een onderhoudsbekalking, geadviseerd de kalk toe te dienen op het ploegwerk (indien de omstandigheden dit toelaten). De kalk kan vervolgens ondergeëgd worden, ofwel worden ingewerkt door de rotoeg voor de zaaimachine. Indien een grotere hoeveelheid kalk toegediend wordt, wordt geadviseerd de helft toe te dienen voor het ploegen. Deze kalk wordt bij het ploegen ondergewerkt naar de diepere bodemlagen. De resterende bekalking kan vervolgens na het ploegen toegediend worden (Moermans, 2020).

1.2.2 Optimaliseren organisch koolstofgehalte (nevendoelelstelling)

Organische stof (OS) is organisch materiaal dat in de bodem werd afgebroken tot een onherkenbare materie (< 2 mm). Hiertoe behoren micro-organismen en humuscomponenten (Reubens et al., 2010). De organische stof bestaat voornamelijk uit koolstof, zuurstof, water en stikstof. Het **organisch koolstofgehalte** (OC-gehalte) van de bodem is de fractie koolstof in de organische stof. Vaak is deze gelijk aan 58 % (variërend tussen 40 en 70 %) (Reubens et al., 2010).

Organische stof (en dus ook organische koolstof) draagt bij aan de **kruimelstructuur** en aggregaatstabiliteit van de bodem. Een goede kruimelstructuur draagt bij aan de beschikbaarheid van nutriënten, is bevorderlijk voor de wortelgroei, verlaagt de slemp- en erosiegevoeligheid en zorgt voor een verminderde kans op bodemverdichting. Daarnaast vergroot organische stof het **poriënvolume** tussen de bodemdeeltjes, wat op zijn beurt bevorderlijk is voor het waterbergend vermogen en de infiltratiecapaciteit van de bodem. Organische stof voedt ook het **bodemleven**, dat op zijn beurt opnieuw bijdraagt aan de structuur, het porievolume, ... (Vandendriessche, 2017).

Voor leembodems hanteert de Bodemkundige Dienst van België een **streefzone voor het organisch koolstofgehalte tussen 1,2 – 1,6 %**. Als het organisch koolstofgehalte beneden de streefzone ligt, kan o.a. organische bemesting aangeraden worden. Mestproducten als runderstalmest en groencompost zijn gekend als bijdragend aan het koolstofgehalte. In dit project werd gewerkt met VLACO gecertificeerde groencompost.

1.2.3 Beter begrip krijgen in de elektrische geleidbaarheid 'EC' (nevendoelelstelling)

De elektrische geleidbaarheid (EC) van de bodem is een eigenschap die door vele factoren beïnvloed wordt. De meest bepalende factoren zijn het **kleigehalte** van de bodem enerzijds en/of de aanwezigheid van **organisch materiaal** anderzijds. Kleideeltjes zijn negatief geladen en binden op hun beurt positief geladen ionen. Hierdoor wordt een ladingsdichtheid in de bodem gecreëerd, wat de elektrische geleidbaarheid van de bodem verhoogt. Organisch materiaal bestaat uit negatief geladen humuszuren, welke eveneens de geleidbaarheid van de bodem verhogen.

Andere bepalende factoren zijn het **vochtgehalte** van de bodem en het **voorkomen van verdichting/verstorende** lagen (gasleidingen, oude wegen, bouwafval, ...). Vochtigere bodems zijn betere geleiders. Op verdichte plekken of op plekken met verstorende lagen worden vaak hoge pieken in de EC waargenomen.

Aangezien de EC door vele factoren beïnvloed kan worden, wordt op de beschouwde proefpercelen a.d.h.v. bodemstalen nagegaan welke factor deze parameter het meest beïnvloedt. Tot op heden zijn nog geen landbouwkundige toepassingen o.b.v. de EC bekend. Omdat de EC afhankelijk is van verschillende factoren moet steeds worden nagegaan wat de oorzaak is van de waargenomen verschillen, voor bepaalde plaatsspecifieke toepassingen kunnen worden uitgevoerd. In verschillende onderzoeksprojecten wordt nagegaan welke toepassingen op basis van EC in praktijk een meerwaarde kunnen zijn.

2 Materiaal en methode

Binnen de regio Haspengouw werden begin 2018 5 proefpercelen geselecteerd. Op 4 percelen werd getracht het belang van het op peil houden van de pH te demonstreren in pH-gevoelige teelten als suikerbieten en wintergerst. Op 1 perceel lag de focus op het belang het organisch koolstofgehalte. Er werd gekozen voor (recentelijk) samengevoegde percelen en/of percelen waarvan de betrokken landbouwers aangaven dat er variatie aanwezig was in het perceel.

In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de proefpercelen.

Tabel 2. Overzicht proefpercelen LEADER-project 'Blik op de bodem'. OC = organisch koolstofgehalte. Vetgedrukt = de pH-gevoelige teelten op de proefpercelen waar de focus lag op de optimalisatie van de bodem-pH.

Nr.	Oppte (ha)	Locatie	Oogst 2018	Oogst 2019	Variatie bodem-eigenschap	Variabele toediening van
1	5,75	Borgloon	Wintertarwe	Suikerbieten	OC	Groencompost
2	3,5	Vreren	Wintertarwe	Wintergerst	pH	Kalk
3	3,0	Sluizen	Wintertarwe	Wintergerst	pH	kalk
4	3,0	Millen	Wintertarwe	Wintergerst	pH	Kalk
5	2,2	Vreren	Suikerbieten	Wintertarwe	pH	Kalk

Ieder perceel werd in het eerste proefjaar (2018) gescand door de **Veris MSP3 bodemscan** van Loonwerken Aernouts (via Vantage Agrometius België). Op basis van het resultaat van de bodemscan werden taakkaarten opgemaakt voor ofwel een **variabele bekalking** (4 percelen) ofwel een **variabele toediening van groencompost** (1 perceel). Het variabel toedienen van kalk werd uitgevoerd door Jovra bvba (Mielen-Boven-Aalst) en de variabele toediening van groencompost door Cultea bvba (Tienen). Tijdens de groeiseizoenen van 2017-2018 en 2018-2019 werd opgevolgd of de variatie in de betrokken bodemeigenschap verminderde en wat de gevolgen waren voor de teelten hiervan. Er werd bovendien getracht de variatie in bodemeigenschappen te visualiseren in het gewas m.b.v. **dronebeelden**. De dronevluchten werden uitgevoerd door firma Landron bvba (Alken).

Het volledige precisielandbouwproces wordt meer in detail besproken in sectie 3.1.

3 Proefresultaten

3.1 Precisielandbouwproces

3.1.1 Bepalen van de variatie in de bodem

Als eerste stap werd getracht de variatie in de bodem in kaart te brengen. Op basis van de variatie in pH en organische koolstof binnen het perceel wordt een taakkaart voor variabel bekalken aangemaakt. Deze heeft als doel om de pH op elke plaats binnen het perceel te optimaliseren. Om het koolstofgehalte overal te optimaliseren wordt op basis van de OC-kaart een taakkaart voor het variabel toedienen van groencompost aangemaakt.

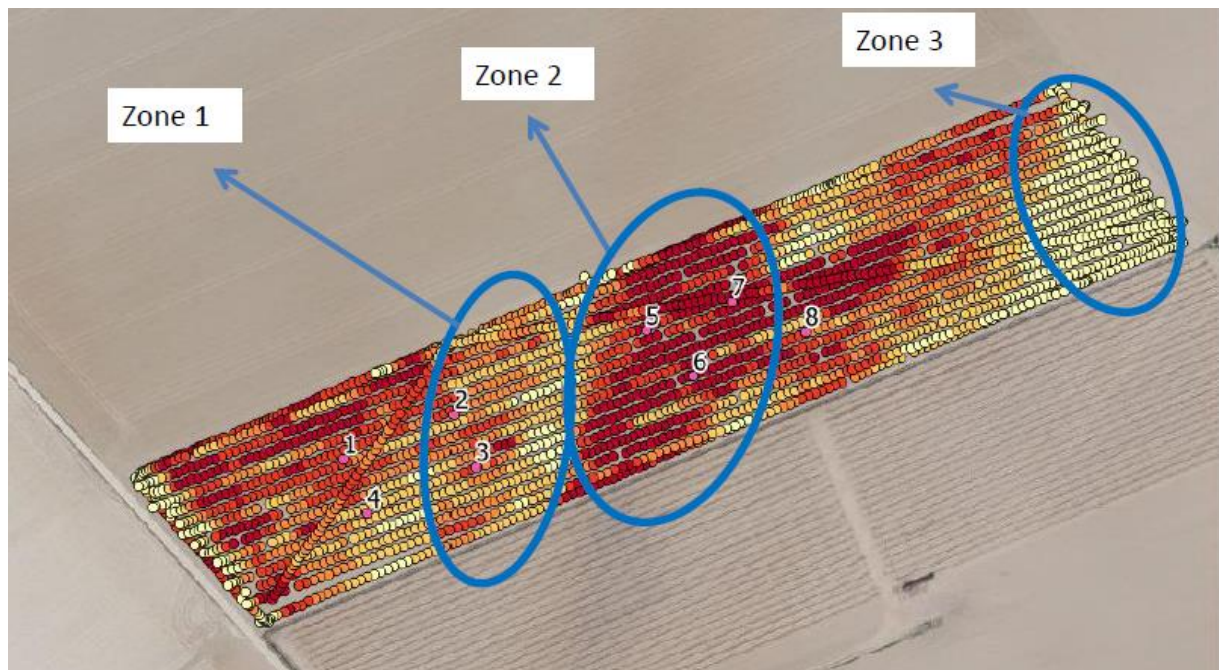
In dit project gebeurde het in kaart brengen van de verschillende bodemeigenschappen m.b.v. de Veris MSP3 bodemscan. Volgende metingen/bepalingen gebeurden m.b.v. bovenstaande bodemscanner (naar Dillen, 2017):

- Bepaling van de pH-water (welke later omgerekend wordt naar **pH-KCl**). Al rijdend wordt om de 10 seconden een bodemstaal genomen en tegen de pH-meter gedrukt. Afhankelijk van de rijnsnelheid gebeurt dit om de 20-30 m. Na elke meting wordt de meter gespoeld in water.
- Bepaling van het **OC-gehalte** m.b.v. een NIR-spectrofotometer welke elke seconde een meting uitvoert. Het OC-gehalte wordt uitgedrukt in %.
- Bepaling van de **elektrische geleidbaarheid (EC)**. Op de bodemscan staan platte schijven gemonteerd die in de bodem snijden. Één schijf fungeert als de afzender van een elektrische stroom, de andere als de ontvanger. De tijd die gemeten wordt tussen afzenden en ontvangen van de stroom wordt gebruikt om de geleidbaarheid van de bodem te bepalen. Deze bepaling gebeurt zowel voor de zone 0 – 30 cm als voor de zone 0 – 90 cm. De EC wordt uitgedrukt in mS/m (millisiemens/m).
- Omdat op GPS gescand wordt, wordt eveneens een **hoogtekaart** van het perceel opgemaakt (nauwkeurigheid 0 – 3 cm).

De bodemscan meet geen absolute waarden van pH en OC. Na het scannen wordt een kaart met relatieve waarden bekomen, welke gekalibreerd worden a.d.h.v. bodemstalen. Deze stalen worden genomen op 4 extreme plaatsen in het perceel. Voor de EC gebeurt geen kalibratie, deze waarde is altijd relatief (Dillen, 2017).

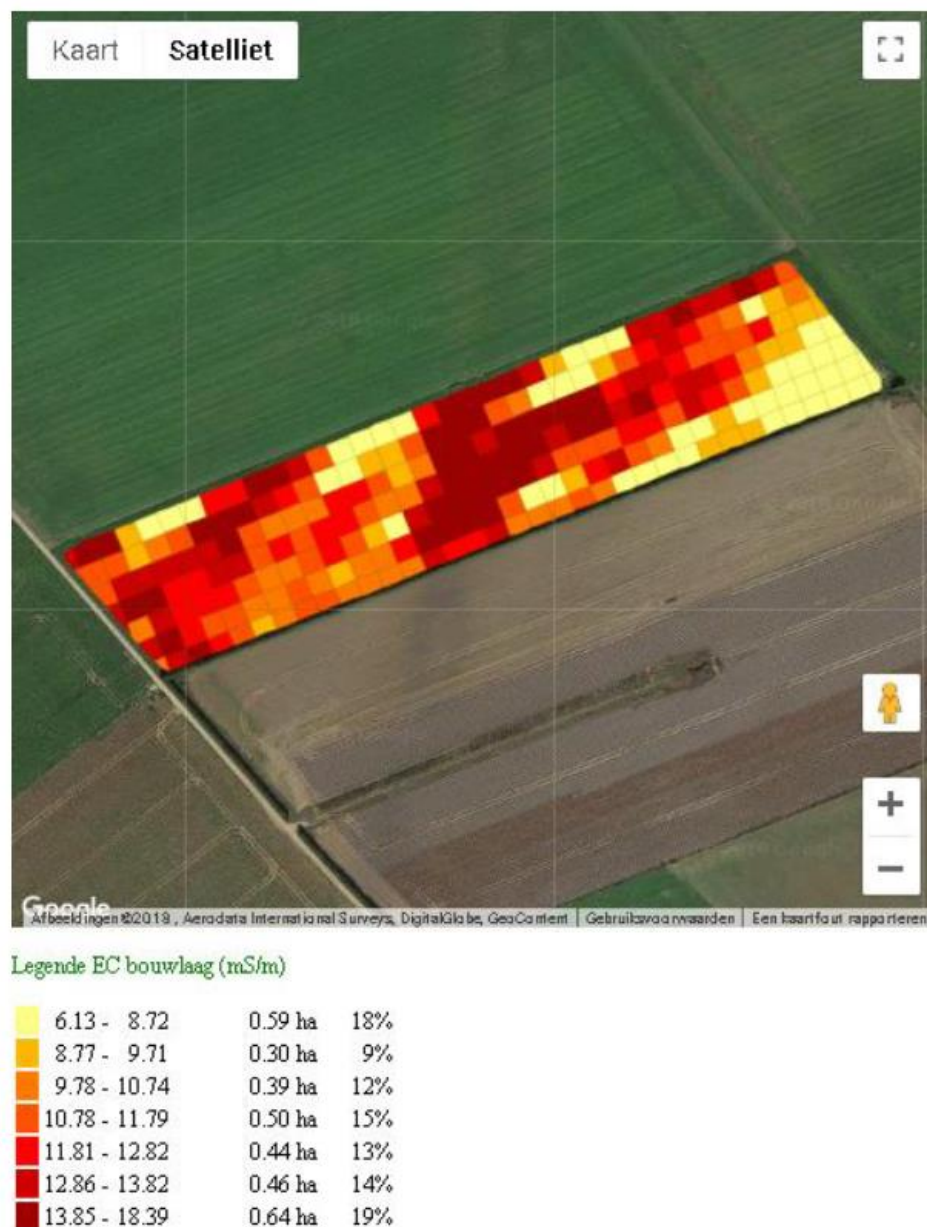
Het scannen gebeurt op rij-afstanden van 5 of 10 m. Voor kleine percelen (< 3 ha) wordt vaak 5 m verkozen om de (mogelijke) variatie beter in beeld te brengen. De scan zelf levert een kaart met puntwaarnemingen op (Figuur 1). Na het scannen wordt een 'plotkaart' gemaakt van de beschikbare data, welke beschikbaar is voor de landbouwer (Figuur 2). Voor de bepaling van de bodemwaarden in de plots wordt het gemiddelde genomen van de puntwaarnemingen binnen het plot.

De grootte van de plots die weergegeven wordt, wordt afgestemd op de werkbreedte van het variabel bekalken of het variabel toedienen van groencompost. Als de kalkstrooier een werkbreedte heeft van 8 m, wordt de plotgrootte 8 m * 8 m. Bij een werkbreedte van 12 m wordt de plotgrootte 12 m * 12 m. Als na het aanmaken van de kaarten nog gekozen wordt voor een machine met een andere werkbreedte, kunnen de taakkaarten nog hertekend worden.



Figuur 1. Puntwaarnemingen van de Veris MSP3 bodemscan, perceel 2. Ieder punt stelt een waarneming van de bodemscan voor (pH, OC en EC). Dit perceel werd gescand met rij-afstanden van 10 m. Op deze kaart wordt de variatie in EC getoond. Hoe donkerder de punten, hoe hoger de EC (absolute schaal niet weergegeven).

Kaart: EC bouwvoor



Figuur 2. Plotkaart bodemscan, beschikbaar voor de landbouwer. Plotgrootte 12 m * 12 m. Op de figuur wordt de EC van bodemlaag 0 – 30 cm getoond.

Na het scannen krijgt de landbouwer een **zeer overzichtelijk rapport** met voor iedere beoordeelde parameter een kaart van de variatie binnen het perceel.

- Bodemkaart + locatie bodemstalen (uitgevoerd ter kalibratie van de relatieve kaarten)
- pH-kaart: gescand resultaat + verhouding gescand resultaat t.o.v. BDB-streefzone voor pH
- OC-kaart: gescand resultaat
- EC-kaart: bouwvoor (0 – 30 cm; cfr. Figuur 2) en 0- 90 cm
- Hoogtekaart
- Taakkaart voor het variabel toedienen van kalk, zowel uitgedrukt in dosissen kalk/ha als dosissen z.b.w./ha
- Taakkaart voor het variabel toedienen van groencompost

Als bijlage bij het rapport worden de 4 bouwlaaganalyses (die gebruikt werden voor de kalibratie van de relatieve kaarten) toegevoegd.

Tijdens het scannen van de proefpercelen werden enkele (praktische) problemen/aandachtspunten vastgesteld:

- Indien de variatie in het proefperceel voor een bepaalde parameter onvoldoende groot was, konden de kaarten niet gekalibreerd worden. Op dergelijke percelen is variabel bekalken of het variabel toedienen van groencompost dan ook niet noodzakelijk, maar dit is niet altijd op voorhand geweten.
- Omdat de scanner met verschillende instrumenten de bodem in moet dringen, mag deze niet te hard zijn. Door de droogte in de zomer van 2018 moest het scannen uitgesteld worden.
- De tijd tussen bodemscan en het verkrijgen van het rapport en de taakkaarten ligt tussen minimaal 3 en maximaal 6 weken. Wanneer het de bedoeling is om dadelijk te bekalken/compost toe te dienen is deze termijn soms te lang (bv. wanneer gescand wordt na tarwe en er voor de zaai van de gerst nog bekalkt moet worden). Zo moesten sommige landbouwers de zaai van wintergerst in het najaar van 2018 uitstellen omdat nog niet variabel bekalkt kon worden. Dit omdat gewacht moest worden op de taakkaart.
- Het scannen is kostelijk.

Sinds 2020 worden volgende prijzen gehanteerd. Er wordt standaard een basisprijs aangerekend van 450 EUR. De extra kost per gescande hectare bedraagt 85 EUR (Tabel 3).

Tabel 3. Prijslijst Veris MSP3 bodemscan zoals aangeboden door Vantage Agrometius België, juni 2020.

Areaal te scannen (ha)	Basisprijs (EUR)	Hectareprijs (EUR/ha)	Totaalprijs areaal (EUR)	Totaalprijs hectare (EUR/ha)
1	450	85	535	535
2	450	85	620	310
3	450	85	705	235
4	450	85	790	198
5	450	85	875	175
10	450	85	1.300	130
15	450	85	1.725	115
20	450	85	2.150	108

De gemiddelde perceelsoppervlakte van de opgevolgde percelen in dit project bedroeg 3,5 ha. Gerekend aan de prijzen uit Tabel 3, bedraagt de totale kostprijs voor het scannen van een perceel met deze oppervlakte 748 EUR, of 214 EUR/ha.

Deze kost kan niet binnen het jaar terugverdiend worden. Gerekend aan opbrengsten van 160 EUR/ton voor wintergerst en 25 EUR/ton voor suikerbieten zou dit betekenen dat de meeropbrengst – enkel en alleen gerealiseerd door het scannen en variabel toedienen van kalk/groencompost – voor wintergerst 1,3 ton/ha moet bedragen en 8,6 ton/ha voor suikerbieten.

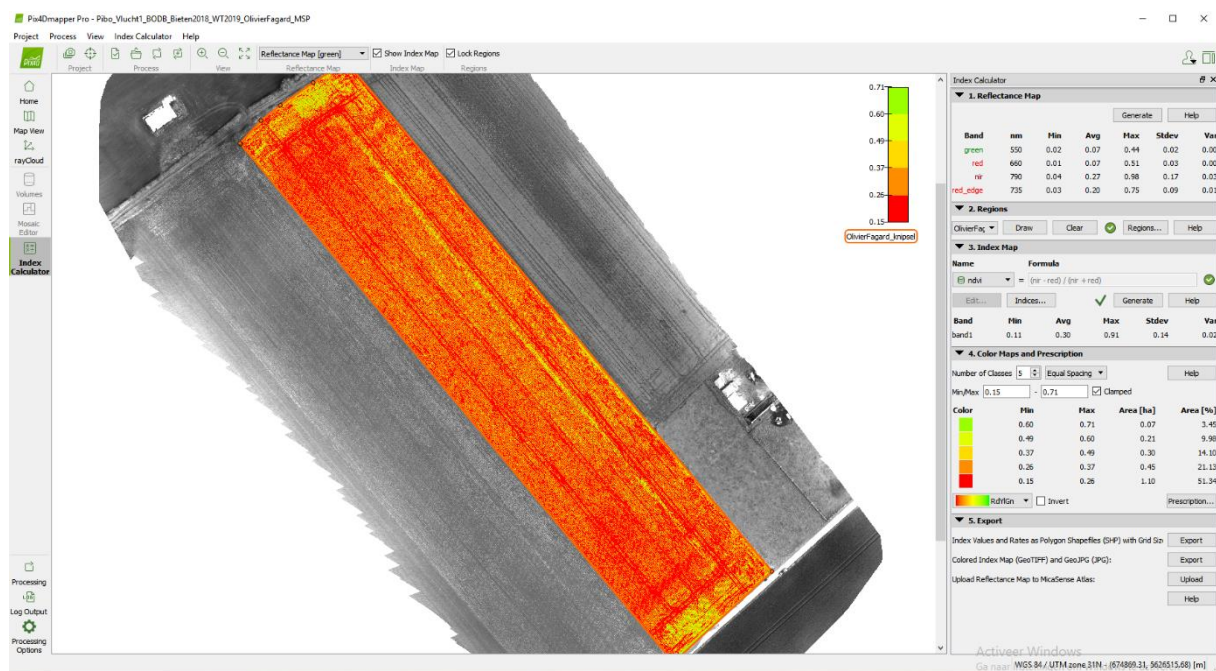
Een bodemscan moet dan ook meer worden beschouwd als een investering op lange termijn. De effecten van het optimaliseren van de pH en het organische stofgehalte zullen vooral op langere termijn renderen. Een perceel moet ook niet elk jaar gescand worden. Na de bodemscan kan er verschillende jaren worden gewerkt aan het optimaliseren van de bodemvruchtbaarheid.

3.1.2 Bepalen van de variatie in gewasstand

Naast variatie in de bodem kan ook variatie in de gewasstand optreden. Deze kan via close sensing of remote sensing bepaald worden. Close sensing gebeurt m.b.v. gewassensoren, bv. gemonteerd op tractoren of landbouwmachines. Remote sensing slaat op waarnemingen door satellieten en drones. In dit project werd gebruik gemaakt van **dronebeelden** om de – eventuele – variatie in gewasstand te koppelen aan de variatie in bodemeigenschappen (bepaald met de bodemscan).

Om de variatie in gewasstand in beeld trachten te brengen, werden de NDVI³ en NDRE⁴ gewasindices gebruikt. De NDVI-index is een veelgebruikte index voor bladbedekking en gewasgezondheid. De **NDRE-index** is gevoelig aan het chlorofylgehalte in de bladeren (*Generate a Vegetation Index – Support*, n.d.). Er van uitgaande dat de hoeveelheid chlorofyl in het gewas een maat is voor de gewasgezondheid, werd aangenomen dat de NDRE-index de meest geschikte index was om de gewasgezondheid in kaart te brengen. Echter, o.w.v. technische aspecten is deze enkel goed berekenbaar als het gewas de bodem zo goed als volledig bedekt.

Op 23 mei 2018 werden de suikerbieten op perceel 5 overvlogen met een drone. 6 weken na de zaai hadden de suikerbieten de rijen nog niet gesloten, waardoor nog veel naakte bodem zichtbaar was. Hierdoor was het niet mogelijk een goed resultaat te bekomen met de NDRE-index en werd gebruik gemaakt van de NDVI-index (Figuur 3).



Figuur 3. NDVI-index suikerbieten perceel 5, bepaald op 23 mei 2018, 6 weken na de zaai van de bieten. NDVI-range 0,15 – 0,71. Hoe groener de kaart, hoe hoger de gewasdensiteit. De algemene rode kleur wijst op naakte bodem die nog zichtbaar is.

De variatie in bodem-pH (Figuur 4) vertaalde zich niet in variatie in de NDVI-index (Figuur 3).

³ Normalized Difference Vegetation Index

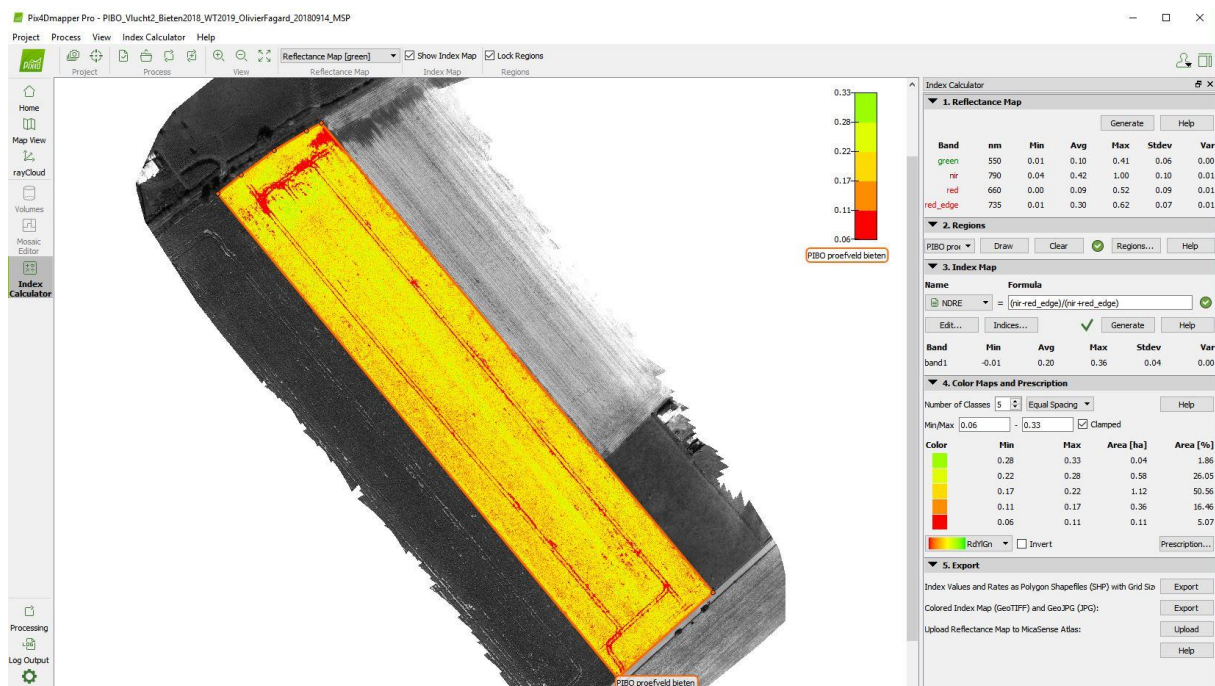
⁴ Normalized Difference Red Edge Index

pH kaart: gescand



*Figuur 4. pH-kaart perceel 5, bepaald met de Veris MSP3 bodemscan op 23 maart 2018 (vlak voor de zaai van suikerbieten). Plotgrootte 8 m * 8 m.*

In het najaar van 2018 gebeurde een tweede vlucht boven het perceel. Omdat op dit moment het gewas de rijen volledig gesloten had, kon de NDRE-index bepaald worden. Het resultaat wordt getoond in Figuur 5. Ook nu bleek het niet mogelijk een verband te zien tussen de bepaalde index en de waargenomen variatie in pH.



Figuur 5. NDRE-index suikerbieten perceel 5, bepaald op 14 september 2018. NDRE-range 0,06 – 0,33. Hoe lichter gekleurd, hoe hoger het chlorofylgehalte in het gewas. Enkel de sproeisporen (rode lijnen) komen duidelijk naar boven, niet de vastgestelde variatie in pH.

Dezelfde vaststellingen werden gedaan voor wintergerst op de andere percelen. Ook voor andere bodemparameters (EC, OC) konden geen verbanden vastgesteld worden. Vaak was de variatie in de bodemeigenschappen te beperkt om grote verschillen in gewasstand waar te kunnen nemen.

Indien wel variatie waargenomen wordt, moet deze informatie nuttig gebruikt kunnen worden door de landbouwer. De variatie in gewasstand moet gekoppeld kunnen worden aan de variatie in de bodem en de variatie in de uiteindelijke opbrengst. Anno 2020 is dit nog niet mogelijk.

Bovendien is de kostprijs van dergelijke vluchten momenteel nog te hoog voor het verkregen nut. De kostprijs voor het invliegen en analyseren van één perceel kan oplopen tot 600 euro. De kostprijs wordt opgedeeld in een vergoeding voor de operator (piloot + vluchtlicentie), een vergoeding voor het gebruik van het droneplatform (licentie, gebruikt camera, ...) en een vergoeding voor de analyses. De vergoedingen voor de analyses worden betaald per perceel, de overige vergoedingen zijn afhankelijk van de duurtijd van het werk. Het loont bijgevolg financieel om meerdere percelen tegelijk te laten invliegen.

3.1.3 Bepalen van de variatie in opbrengst

Als laatste stap in het uitgevoerde proces werd de opbrengst van wintergerst en suikerbieten bepaald. Bij de oogst van de **wintergerst** werd een opbrengstkaart aangemaakt die de variatie in opbrengst over het volledig perceel toonde (Figuur 6).



Klant: jaspers
 Bedrijf: nerem
 Perceel: tgo coenegrachts g
 Teelt: 2019 Wheat
 Naam: maaien
 Type: Oogsten
 Oppervl.: 3,34 ha
 Begindatum: 3/07/2019 14:44
 Einddatum: 3/07/2019 17:29
 Motoruren: 2,7 u.
 In bedrijf: 2,1 u.
 Oogst: 30238,230 kg
 Gem: 9053,36 kg/ha

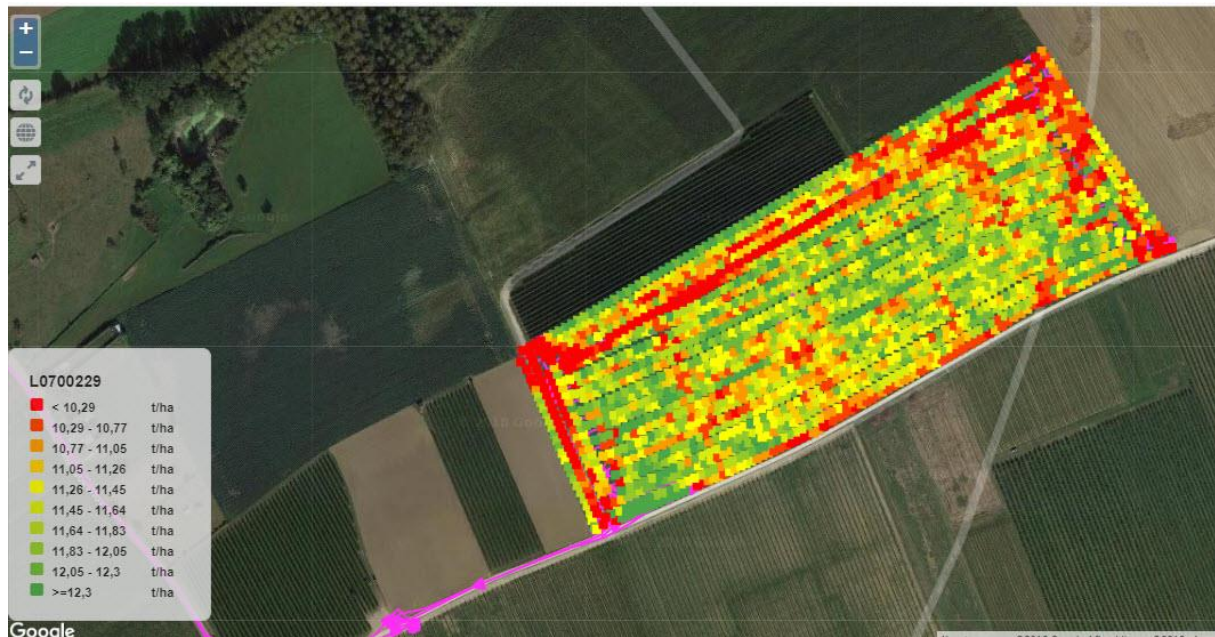
12199,3 - 17833,9 kg/ha	0,05 ha
11690,9 - 12199,2 kg/ha	0,09 ha
11182,5 - 11690,8 kg/ha	0,26 ha
10674,1 - 11182,4 kg/ha	0,52 ha
10165,7 - 10674,0 kg/ha	0,56 ha
9657,3 - 10165,6 kg/ha	0,49 ha
9148,9 - 9657,2 kg/ha	0,35 ha
8640,5 - 9148,8 kg/ha	0,27 ha
8132,2 - 8640,4 kg/ha	0,22 ha
7623,8 - 8132,1 kg/ha	0,18 ha
4500,0 - 7623,7 kg/ha	0,27 ha



Figuur 6. Opbrengstkaart wintergerst perceel 4, 3 juli 2019. De benaming '2019 wheat' is foutief en moet '2019 Barley' zijn.

Het maaibord van de maaidorser is ingedeeld in verschillende secties. Een sensor meet/voelt of een sectie gewas aansnijdt. Op deze manier weet de computer hoe breed de maaier maait. Om een x-aantal seconden wordt de opbrengst gemeten. Omdat ook de rijsnelheid gekend is, kan berekend worden welke oppervlakte op deze x seconden gemaaid werd. In combinatie met de weging van het graan kan vervolgens de opbrengst bepaald worden.

Als het maaibord niet ingedeeld wordt in secties, kunnen fouten gebeuren in de meting (Figuur 7). Als het maaibord niet volledig gevuld is met graan, wordt de opbrengst onderschat.



Figuur 7. Opbrengstkaart wintertarwe perceel 1, 20 juli 2018. De donkerrode lijn bovenaan het perceel (volgens de lengte) is te wijten aan het oogsten met een niet volledig gevuld maaibord.

In wintergranen kan een dergelijke opbrengstkaart eenvoudig aangemaakt worden bij de oogst. Echter, in suikerbieten (of andere hakvruchten) is dit niet het geval. De opbrengst van suikerbieten is o.a. afhankelijk van het suiker- en tarragehalte. Beide parameters zijn zeer moeilijk real-time bemonsterbaar. Op de proefpercelen werden de suikerbieten in de gewenste plots dan ook manueel geoogst en gebeurde de analyse van bovenstaande parameters achteraf.

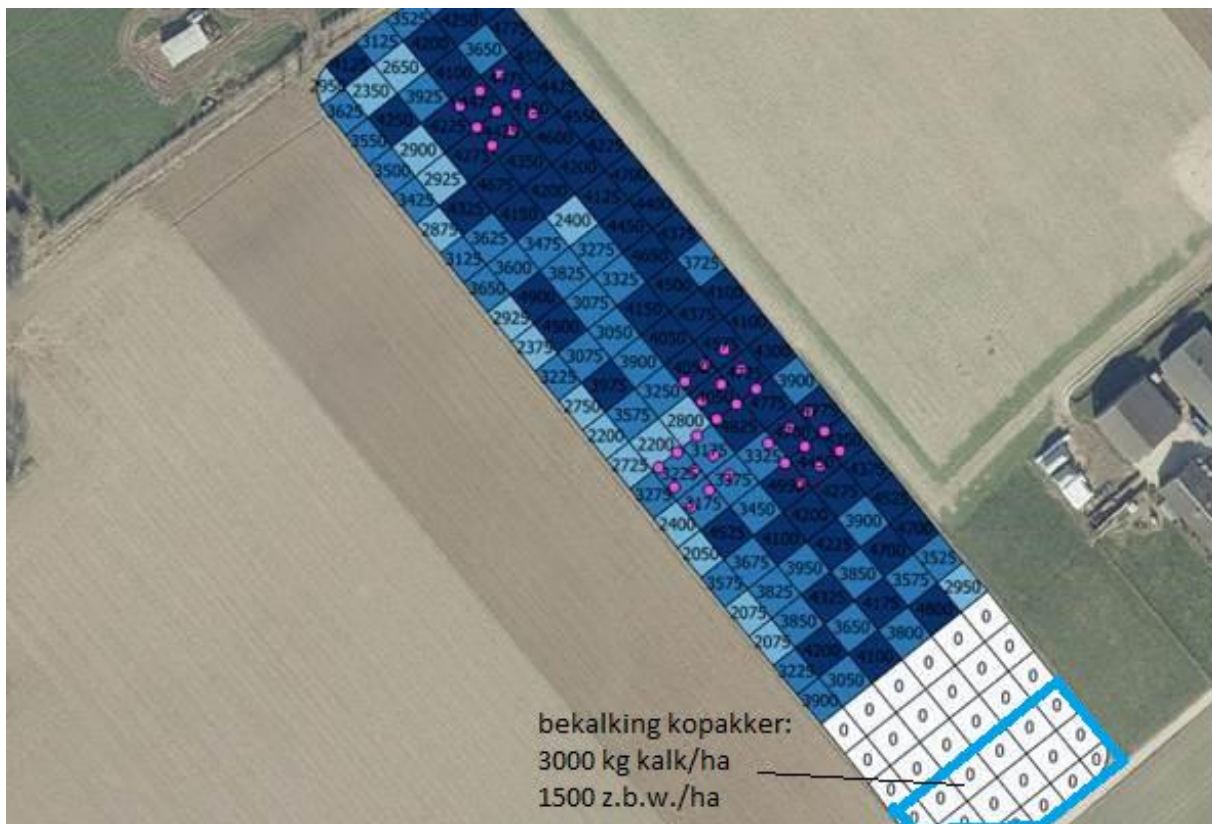
Ook deze data laag bevat veel informatie en wordt in de toekomst hopelijk samen met de andere datalagen geanalyseerd. Op dit moment bestaat een precisielandbouwtoepassing nog te vaak uit een actie voortvloeiend op een waarneming op één niveau (bodem, gewas of opbrengst).

De eventuele relaties tussen variatie in bodemeigenschappen – bepaald met de bodemscan – en variatie in de opbrengst worden besproken in hoofdstuk 3.2.

De meerkost van het maken van een opbrengstkaart in wintergranen bedraagt ongeveer 25 EUR/ha (t.o.v. dorsen zonder de aanmaak van een opbrengstkaart). Deze meerkost is betaalbaar, zeker wanneer aangetoonde verschillen in opbrengst gebruikt kunnen worden in schadedossiers (bv. inschatting van opbrengstderving door het aanleggen van een leiding door het perceel).

3.1.4 Variabel toedienen van kalk of groencompost

Het variabel toedienen van kalk of groencompost gebeurde op basis van de taakkaarten die gegenereerd werden na het scannen van de percelen. Als voorbeeld wordt de taakkaart voor een variabele toediening van kalk getoond in Figuur 8.



*Figuur 8. Taakkaart variabel bekalken, uitgevoerd op 16 november 2018 (perceel 5, na de oogst van suikerbieten). De plotgrootte bedroeg 12*12 m. Bovenaan het perceel werd een niet-bekalkte controle gelaten van 36 m breed. Op de koppakker (36 m breed) werd een bekalking uitgevoerd van 1500 z.b.w./ha. De paarse punten duiden de oogstplots van de suikerbieten aan. De kalkdosis (kg kalk/ha) wordt in ieder plot weergegeven. De vermelde dosissen zijn de helft van de volledige advies.*

De bekalking werd uitgevoerd door Jovra bvba uit Mielen-Boven-Aalst (Sint-Truiden) (Figuur 9). Deze loonwerker werkt samen met Vantage Agrometius België, de leverancier van de taakkaart. Voor het variabel toedienen van groencompost werd samengewerkt met loonbedrijf Cultea bvba (Tienen).



Figuur 9. Variabel toedienen van kalk na de oogst van suikerbieten, 16 november 2018.

Voor het gebruikte kalkproduct⁵ werd 40 EUR/ton betaald. De kostprijs van het spreiden varieert, afhankelijk van de loonwerker, tussen 65 en 80 EUR/ha. Momenteel zijn er nog niet veel loonwerkers die aan de slag kunnen met taakkaarten voor variabel bekalken of het variabel toedienen van groencompost. Als deze technieken in de toekomst meer ingang willen krijgen, moeten meer loonwerkers hiervoor uitgerust worden. Bovendien zal dit de prijs ook drukken.

⁵ Magnesium-calciumcarbonaat (53 zbw, 5 % MgO, 50 % < 0,16 mm)

3.2 Bodemkundig

3.2.1 pH

3.2.1.1 Invloed van pH op wintergerst (proefpercelen 2 – 4)

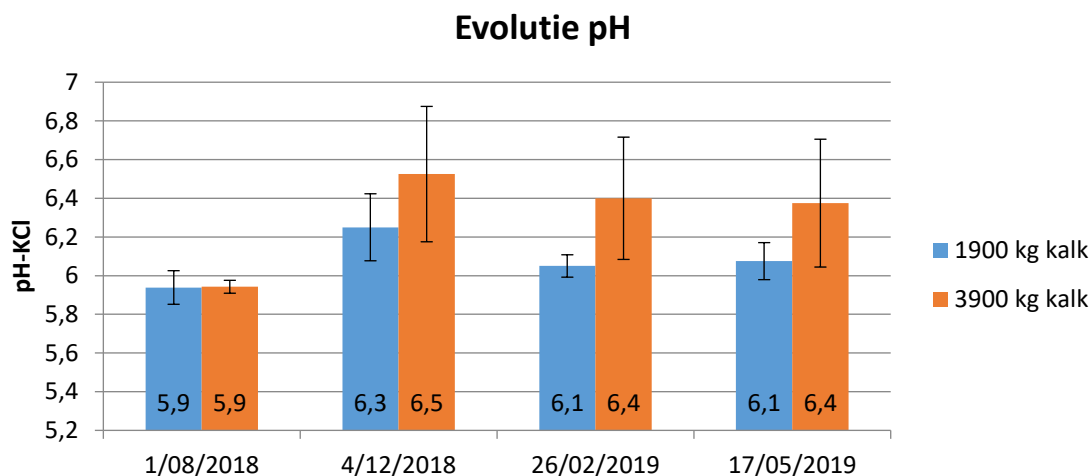
In het rapport 'Invloed van pH en bekalking op stikstofbemesting, -nitraatresidu en -uitspoeling' (VLM, 2019) worden voor Vlaanderen per teelt de economische verliezen t.g.v. een sub-optimale pH berekend. Voor wintergerst in een leembodem werd uitgegaan van een gemiddeld bruto opbrengstcijfer (opbrengst*prijs) van 1.500 EUR/ha bij een optimale pH (7,2, zie Tabel 1). Op basis van de gemiddelde afwijking t.o.v. deze optimale pH wordt de opbrengstderving t.g.v. een suboptimale pH op 73 EUR/ha geschat (VLM, 2019).

Op proefpercelen 2, 3 en 4 werd bekalkt in het najaar van 2018, vlak voor de inzaai van de **pH-gevoelige teelt wintergerst**. Op percelen 2 en 4 werd de toegediende landbouwkalk ondergeploegd, op perceel 3 werd de kalk ingewerkt met de schijveneg. Dit perceel werd niet-kerend bewerkt na de voorteeft wintertarwe. Op alle 3 de proefpercelen werden bekalkingsstroken aangelegd waarin verschillende dosissen kalk toegediend werden, zie Tabel 4.

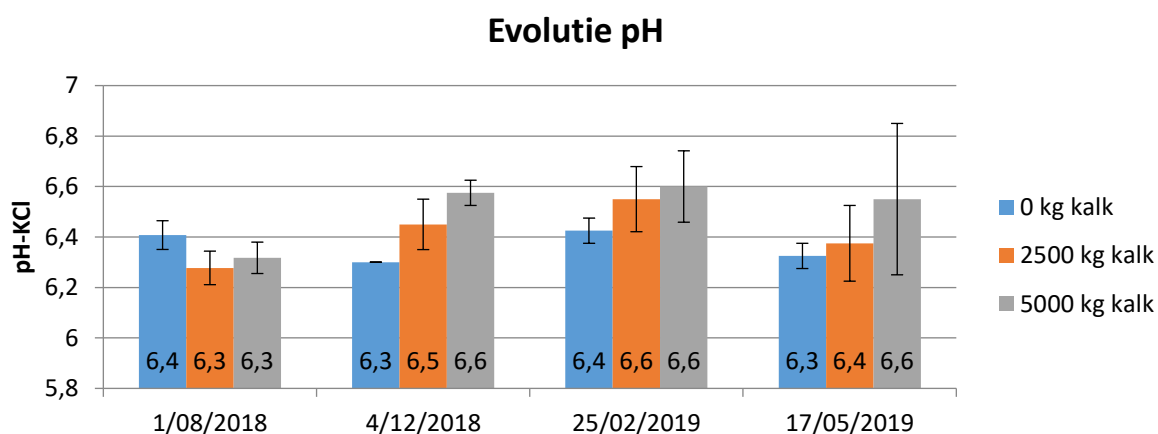
Tabel 4. Overzicht van de uitgevoerde bekalking voor de inzaai van wintergerst in het najaar van 2018.

Perceel	pH bodemscan	Kalkproduct	Datum bekalking	Dosis (kg kalk/ha)	Manier van inwerken kalk
2	5,6 – 6,1	Magnesium-calciumcarbonaat (53 zbw, 5 % MgO, 50 % < 0,16 mm)	28/09/2018	<u>Strook 1</u> : 1.900 kg kalk/ha	ploegen
				<u>Strook 2</u> : 3.900 kg kalk/ha	
3	6,4 (uniform)	Magnesium-calciumcarbonaat (53 zbw, 5 % MgO, 50 % < 0,16 mm)	8/10/2018	<u>Strook 1</u> : 0 kg kalk/ha	Schijveneg (niet geploegd)
				<u>Strook 2</u> : 2.700 kg kalk/ha	
				<u>Strook 3</u> : 5.400 kg kalk/ha	
4	6,0 – 6,8	Magnesium-calciumcarbonaat (53 zbw, 5 % MgO, 50 % < 0,16 mm)	8/10/2018	<u>Strook 1</u> : 0 kg kalk/ha	ploegen
				<u>Strook 2</u> : 2.500 kg kalk/ha	
				<u>Strook 3</u> : 5.000 kg kalk/ha	

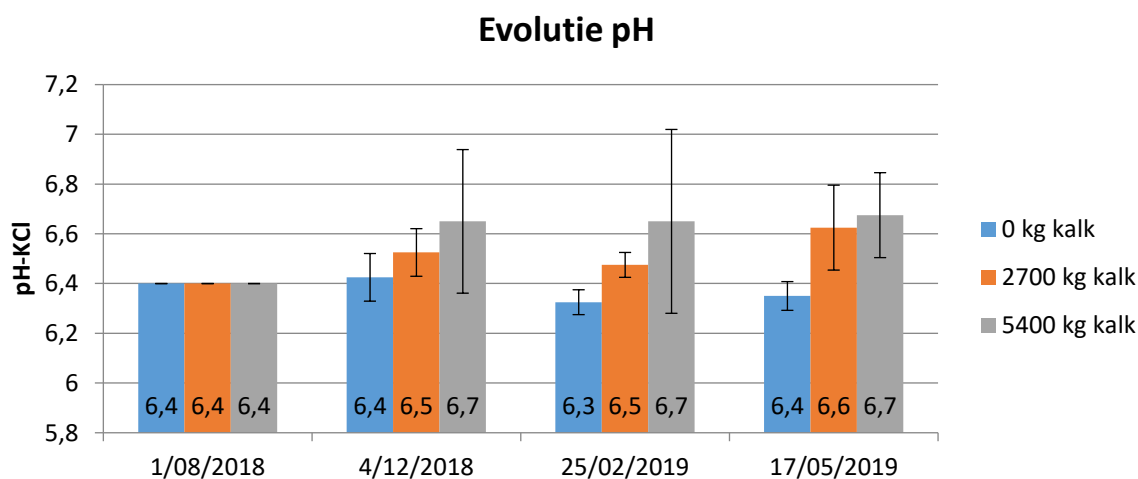
Op alle 3 de proefpercelen werd de evolutie van de pH na het bekalken opgevolgd. Deze wordt voor de geploegde percelen getoond in Figuur 10 en Figuur 11. Voor het niet geploegde perceel wordt de evolutie getoond in Figuur 12.



Figuur 10. Evolutie pH perceel 2. De bekalking werd uitgevoerd op 28/09/2018. Na toedienen werd de kalk ondergeploegd.



Figuur 11. Evolutie pH perceel 4. De bekalking werd uitgevoerd op 8/10/2018. Na toedienen werd de kalk ondergeploegd.



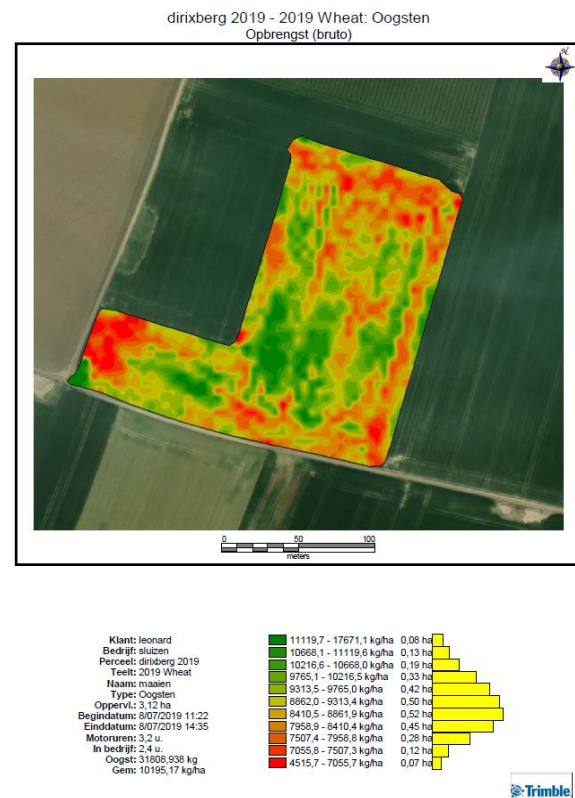
Figuur 12. Evolutie pH perceel 3. De bekalking werd uitgevoerd op 8/10/2018. Na toedienen werd de kalk NIET ondergeploegd, maar ingewerkt met een schijveneg.

Op alle proefpercelen werden na toedienen van kalk lichte verhogingen in de pH waargenomen, ongeacht of de kalk al dan niet ondergeploegd werd. De toegediende dosissen waren dan ook telkens

zeer hoog (minimaal 1.900 kg kalk/ha tot 5.400 kg kalk/ha). Opvallend was wel dat **in geen enkel perceel de pH-streefzone bereikt werd binnen 1 jaar na het toedienen van de kalk**. De beperkte grootte van het effect kan verklaard worden doordat de kalk in het najaar van 2018 ingewerkt werd in een droge bodem.

Omdat de pH-streefzone niet bereikt werd en de verschillen in pH tussen de stroken beperkt bleven, waren bijgevolg nog geen gevolgen zichtbaar van de bekalking op de opbrengst van de wintergerst. Er werd verwacht dat de opbrengsten zouden verschillen tussen de verschillende aangelegde bekalkingsstroken, maar dit was niet het geval. Als voorbeeld wordt de opbrengstkaart van perceel 3 beschouwd.

[ingskaart \(dosis\)](#)



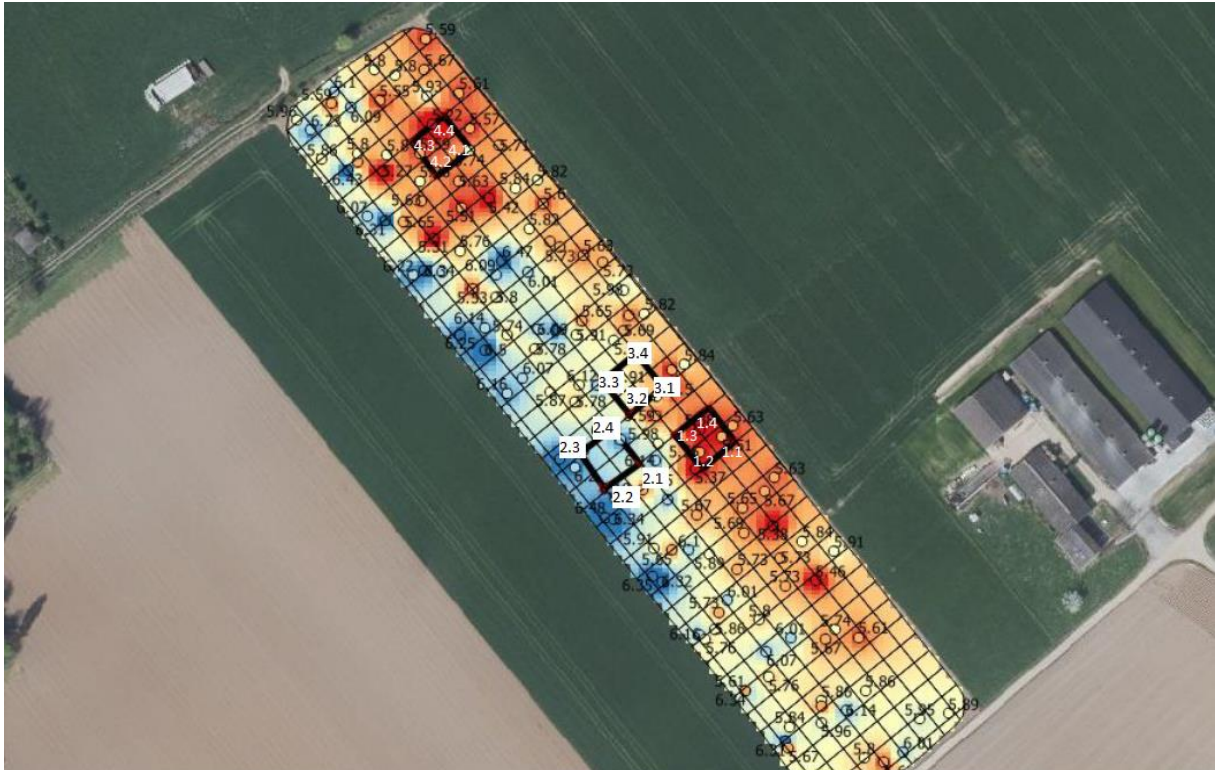
Figuur 13. Vergelijking tussen bekalkingskaart (links) en opbrengstkaart wintergerst 2018-2019 (rechts) voor perceel 3. De aangelegde bekalkingsstroken komen niet duidelijk tot uiting in de opbrengst van de wintergerst. Bekalkingskaart (links): volledig advies = 5.400 kg kalk/ha, helft advies = 2.700 kg kalk/ha (landbouwkalk 53 z.b.w.).

3.2.1.2 Invloed van pH op suikerbieten (proefperceel 5)

Net zoals voor wintergerst wordt ook voor suikerbieten het economisch verlies t.g.v. een suboptimale pH berekend in het rapport 'Invloed van pH en bekalking op stikstofbemesting, -nitraatresidu en -uitspoeling' (VLM, 2019). Voor een leembodem wordt bij een voor suikerbieten optimale pH (7,2) uitgegaan van een bruto rendement van 2.700 EUR/ha. Op basis van de gemiddelde afwijking t.o.v. deze optimale pH wordt de opbrengstderving t.g.v. een suboptimale pH op 126 EUR/ha geschat (VLM, 2019).

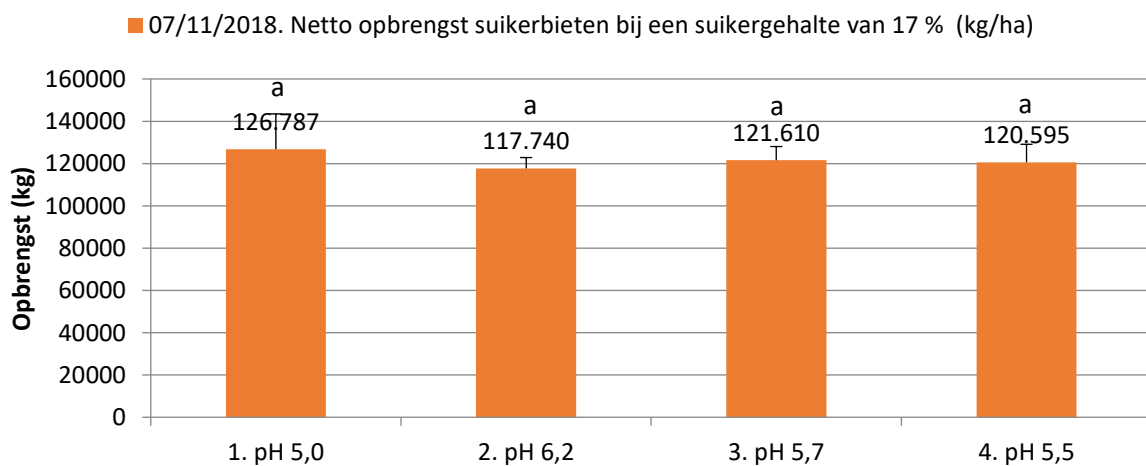
Op proefperceel 5 kon geen bekalking uitgevoerd worden voor de inzaai van de **pH-gevoelige teelt suikerbieten** in het voorjaar van 2018. Aangezien de bodemscan pas vlak voor de zaai uitgevoerd kon worden, was het bekalkingsadvies niet tijdig beschikbaar. Bovendien ligt het ideale toepassingstijdstip voor bekalking in het najaar. Op dit proefperceel werd bijgevolg zuiver de invloed van de pH op de suikerbieten beoordeeld.

De bieten werden manueel geroid op 07/11/2018. Het loof werd verwijderd, maar de bieten werden niet ontkopt (cfrt. Systeem micro-ontkopping van de Tiense Suikerraffinaderij). De rooi gebeurde in 4 zones met elk een andere pH. In elke pH-zone werden 4 herhalingen geroid (zie Figuur 14). In zone 1 bedroeg de gemiddelde pH 5,0, in zone 2 6,2, in zone 3 5,7 en in zone 4 5,5. In iedere herhaling werden 4 rijen over een lengte van 5 m manueel geroid.



Figuur 14. Indeling pH-zones rooi suikerbieten najaar 2019, perceel 5 (Plots 8 m * 8 m).

De opbrengstresultaten worden voorgesteld in Figuur 15.



Figuur 15. Netto opbrengst suikerbieten bij een suikergehalte van 17 %. De bieten werden geroid op 07/11/2018. Gemiddelden met eenzelfde letter verschillen niet significant van elkaar (ANOVA gevolgd door Duncan multiple comparisons test). Foutbalken duiden de standaarddeviatie aan.

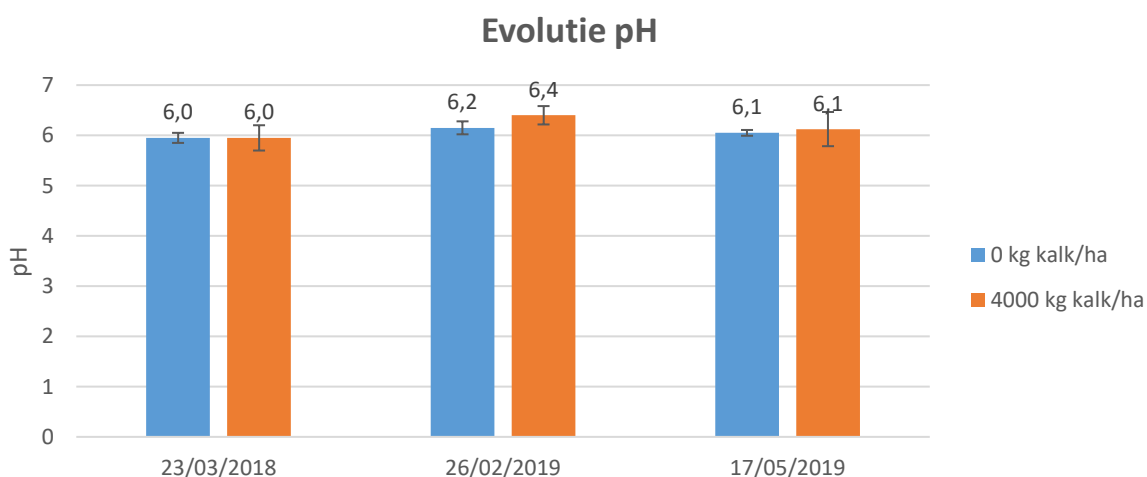
Uit de proefrooiing bleek geen effect van de pH op de wortelopbrengst bij 17 % suiker. Dit kan verklaard worden doordat de verschillen in pH tussen de verschillende zones klein waren. Bovendien lag geen enkele zone binnen de pH-streefzone.

Het proefperceel werd bekalkt na de oogst van suikerbieten, op 16 november 2018. De kalk werd ondergeploegd, vlak voor de inzaai van wintertarwe (Tabel 5).

Tabel 5. Overzicht van de uitgevoerde bekalking voor de inzaai van wintertarwe in het najaar van 2018.

Perceel	pH bodemscan	Kalkproduct	Datum bekalking	Dosis (kg kalk/ha)	Manier van inwerken kalk
5	5,2 – 6,2	Magnesium-calciumcarbonaat (53 zbw, 5 % MgO, 50 % < 0,16 mm)	16/11/2018	Volgens advies taakkaart (zie Figuur 9).	ploegen

Ook op dit perceel werd de evolutie van de pH opgevolgd, zie Figuur 16. Hiervoor werden plots die niet bekalkt werden vergeleken met plots die 4.000 kg kalk/ha toegediend kregen.



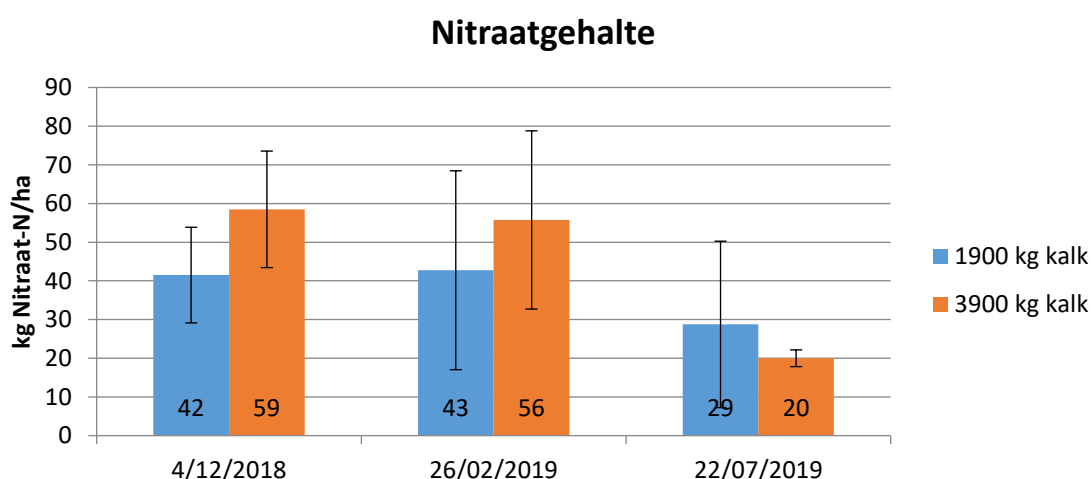
Figuur 16. Evolutie pH perceel 5. De bekalking werd uitgevoerd op 16/11/2018. Na toedienen werd de kalk ondergeploegd.

Op dit proefperceel werd nog geen toename van de pH vastgesteld binnen het eerste half jaar na toediening. Ook hier werd de kalk in het najaar van 2018 ingewerkt in een droge bodem.

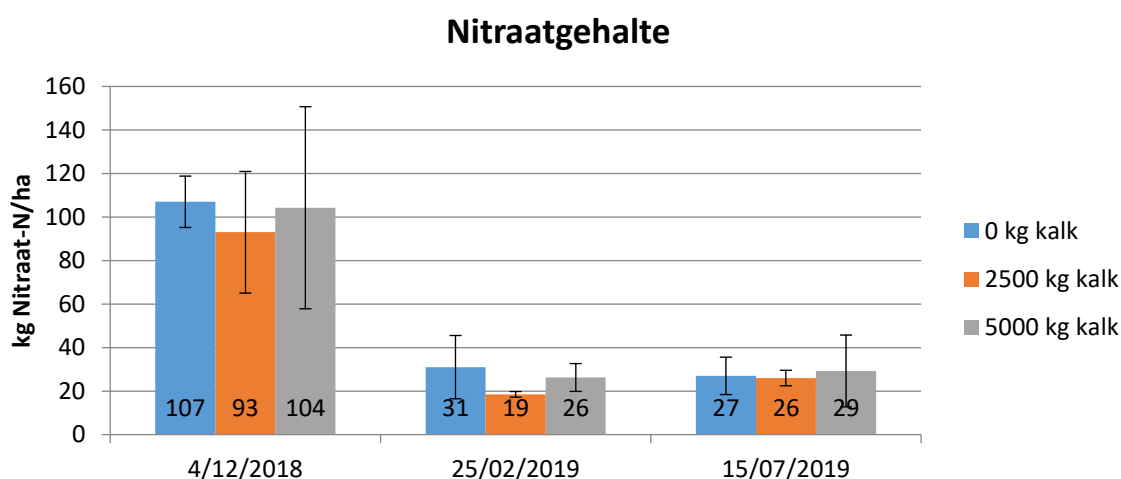
3.2.1.3 Gevolgen van bekalken voor het nitraatresidu (na wintergerst)

Door bekalken worden het bodemleven en bijgevolg de stikstofmineralisatie gestimuleerd, wat een tijdelijk gevolg heeft voor het nitraatresidu. T.o.v. het niveau voor bekalken kan de mineralisatie met 0 – 67 % verhoogd worden, afhankelijk van de geraadpleegde literatuur (VLM, 2019). Bij bekalken in het najaar kan bijgevolg een stijging van het nitraatresidu verwacht worden. Echter, een niet-optimale pH zorgt voor een mindere opname van de toegediende N-meststoffen, wat op zijn beurt ook leidt tot een verhoogd nitraatresidu. Op lange termijn zal een bekalking bijgevolg leiden tot een daling van de nitraatresidu's (VLM, 2019).

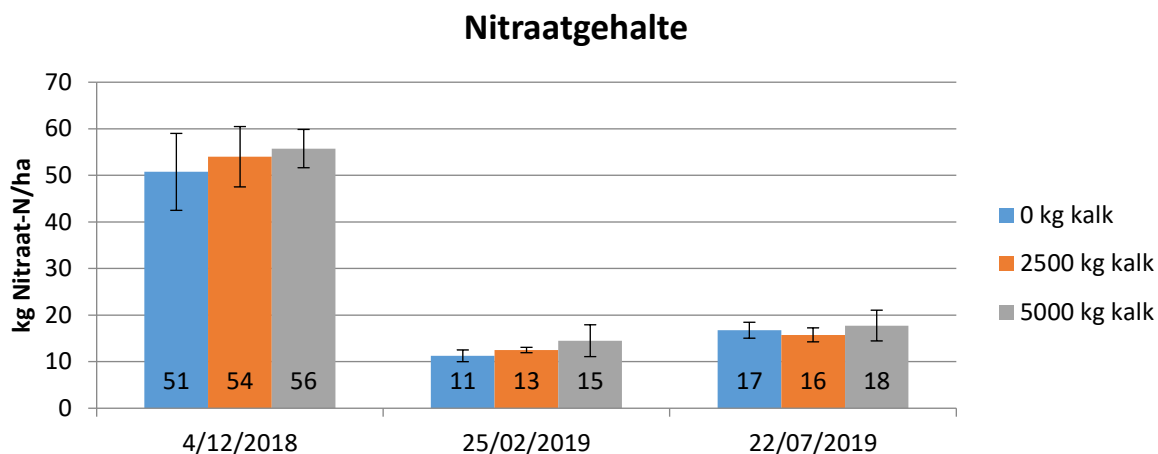
Op enkele bekalkte proefpercelen werd het nitraatgehalte in de bodem opgevolgd. De resultaten worden getoond in Figuur 17 t.e.m. Figuur 19.



Figuur 17. Evolutie nitraat-N-gehalte in bodemlaag 0-90 cm na bekalking, perceel 2. De bekalking gebeurde op 28/09/2018. De kalk werd na toediening ondergeploegd, vlak voor de inzaai van wintergerst. De dosissen worden uitgedrukt in kg kalk/ha (magnesiumcalciumcarbonaat 53 z.b.w.). Foutbalken duiden de standaarddeviatie aan.



Figuur 18. Evolutie nitraat-N-gehalte in bodemlaag 0-90 cm na bekalking, perceel 3. De bekalking gebeurde op 08/10/2018. De kalk werd na toediening NIET ondergeploegd, maar ingewerkt met een schijveneg. Dit vlak voor de inzaai van wintergerst. De dosissen worden uitgedrukt in kg kalk/ha (magnesiumcalciumcarbonaat 53 z.b.w.). Foutbalken duiden de standaarddeviatie aan.



Figuur 19. Evolutie nitraat-N-gehalte in bodemlaag 0-90 cm na bekalking, perceel 4. De bekalking gebeurde op 08/10/2018. De kalk werd na toediening ondergeploegd, vlak voor de inzaai van wintergerst. De dosissen worden uitgedrukt in kg kalk/ha (magnesiumcalciumcarbonaat 53 z.b.w.). Foutbalken duiden de standaarddeviatie aan.

Op de geploegde percelen (Figuur 17 en Figuur 19) werd tijdens de eerste staalname na de bekalking gemiddeld een lichte toename van het nitraatresidu waargenomen, al was het verschil zeer klein en niet statistisch significant. Op het niet-geploegde perceel (Figuur 18) werd deze trend niet waargenomen. Hier leek de bekalking op korte termijn geen invloed te hebben op het nitraatresidu.

In het voorjaar was het nitraatgehalte overal laag en ook het nitraatresidu na de oogst van de gerst was laag. Dit ten gevolge van de opname van de aanwezige stikstof door de wintergerst.

3.2.2 Organisch koolstofgehalte

3.2.2.1 Toedienen van groencompost voor de zaai van suikerbieten (perceel 1)

Op proefperceel 1 werd een variabele toediening van groencompost uitgevoerd. Dit aangezien de variatie in het OC-gehalte groter was dan de variatie in pH. De variatie in het OC-gehalte werd bepaald m.b.v. de Veris MSP3 bodemscan op 13 augustus 2018 en wordt getoond in Figuur 20. 43 % van het perceel bevond zich beneden de streefzone van de Bodemkundige Dienst voor het organisch koolstofgehalte (1,2 – 1,6 % in leembodems).

Kaart: Organische Koolstof



Figuur 20. Variatie in het OC-gehalte o.b.v. Veris MSP3 bodemscan (perceel 1, 13 augustus 2018). Plotgrootte 12 m * 12 m.

De VLACO gecertificeerde groencompost werd variabel toegediend in januari 2019, voor de inzaai van suikerbieten later dat jaar. De taakkaart wordt getoond in Figuur 21.



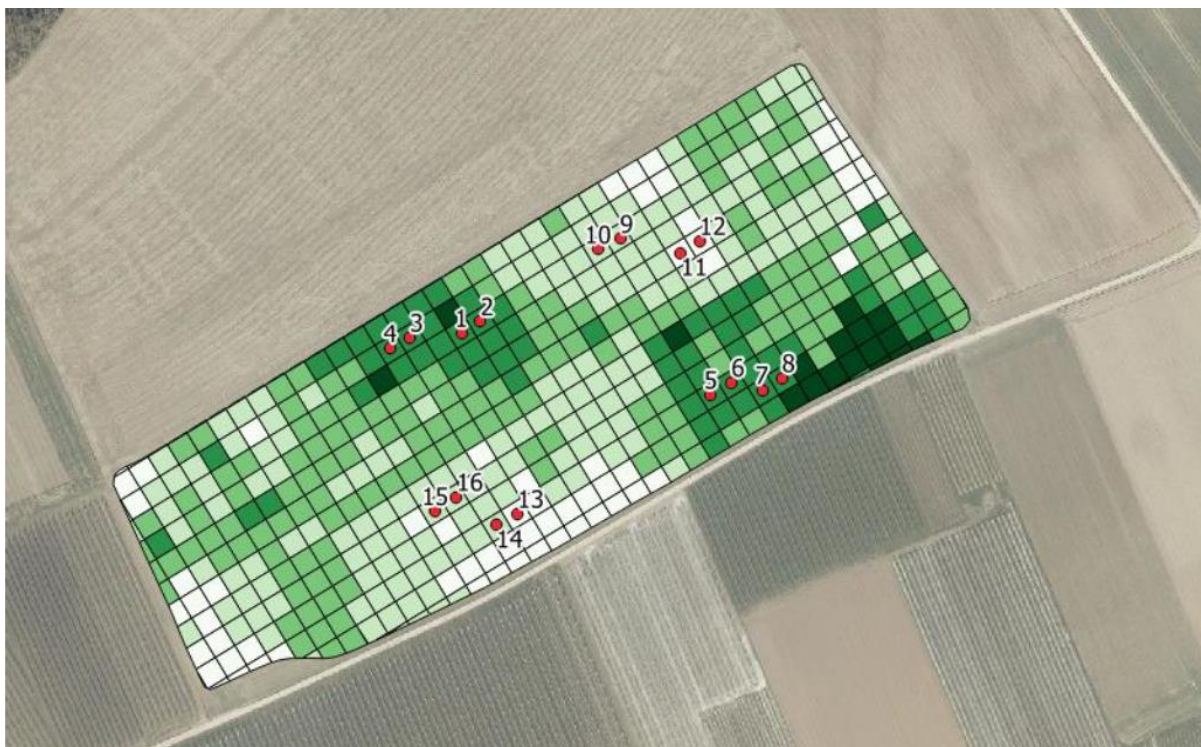
Figuur 21. Taakkaart variabele toediening van groencompost (perceel 1). De dosissen worden uitgedrukt in ton/ha. Plotgrootte 12 m * 12 m.

De dosis varieerde van 14 tot 52 ton/ha. Gemiddeld werd 30 ton/ha toegediend. De hoogste dosissen werden toegediend op de plekken met het laagste koolstofgehalte (en omgekeerd). De samenstelling van het product wordt getoond in Tabel 6. De dichtheid bedroeg 0,33 kg/L.

Tabel 6. Analyseverslag gecertificeerde groencompost Bionerga Bilzen, staalnamedatum 4 december 2018.

Parameter	Resultaat	Eenheid
Droge stof	77,9	%
Kiemkrachtige zaden	Afwezig	
Organische stof	28,9	%
pH (water)	8,5	
Nitraat-N	11,5	Mg N/L
Ammonium-N	460	Mg N/L
Stikstof (N) totaal	14,1	Kg/ton
Fosfor (P2O5) totaal	5,4	Kg/ton

Op basis van de OC-kaart werd het **suikerbietenperceel** opgedeeld in vier OC-zones (Figuur 22). Zone 1 (punten 1, 2, 3 en 4) en zone 2 (punten 5, 6, 7 en 8) bevonden zich in een gebied met een lager C-gehalte. In zone 1 werd gemiddeld 41 ton/ha groencompost toegediend, in zone 2 44 ton/ha. In zone 3 (punten 9 t.e.m. 12) en zone 4 (punten 13 t.e.m. 16) werd 23 ton groencompost/ha toegediend. In deze zones was het OC-gehalte hoger dan in de andere zones.



Figuur 22. Vereenvoudigde taakaart variabele groencomposttoediening perceel 1. Plotgrootte 12 m * 12 m. In zone 1 (punten 1 t.e.m. 4) en zone 2 (punten 5 t.e.m. 8) gebeurde een hoge composttoediening, respectievelijk 41 en 44 ton groencompost/ha. In zone 3 (punten 9 t.e.m. 12) en zone 4 (punten 13 t.e.m. 16) gebeurde een lagere composttoediening, in beide zones werd 23 ton groencompost/ha toegediend.

In Tabel 7 wordt voor ieder plot in iedere zone het OC-gehalte en de toegediende dosis groencompost getoond.

Tabel 7. OC-gehalte in de bouwlaag (0 – 23 cm, uitgedrukt in %) en toegediende dosis groencompost (uitgedrukt in ton/ha).

Zone 1			Zone 2			Zone 3			Zone 4		
Nr.	OC	Dosis	Nr.	OC	Dosis	Nr.	OC	Dosis	Nr.	OC	Dosis
1	1,1	43	5	1,0	44	9	1,3	25	13	1,4	20
2	1,1	42	6	1,1	44	10	1,3	25	14	1,4	21
3	1,1	39	7	1,1	43	11	1,4	20	15	1,3	26
4	1,0	39	8	1,0	44	12	1,4	20	16	1,4	26
Gem.	1,1	41	Gem.	1,1	44	Gem.	1,4	23	Gem.	1,4	23

De opkomst werd geëvalueerd op 9 mei 2019, 1 maand na de zaai. In ieder plot werden 4 naastliggende rijen geteld over een afstand van 6 meter. De zaaiafstand tussen de planten bedroeg 19 cm. De resultaten worden getoond in Tabel 8.

Tabel 8. Opkomst suikerbieten na toediening groencompost voor de zaai. De suikerbieten – ras Portal – werden gezaaid op 7 april 2019 op een afstand van 19 cm in de rij. 100 % opkomst = 116.959 planten/ha.

Zone	9/5/2019. Aantal suikerbietplanten (ras Portal)/m ²	9/5/2019. Opkomst suikerbieten (ras Portal, %)
1 (41 ton groencompost/ha)	11	93
2 (44 ton groencompost/ha)	11	94
3 (23 ton groencompost/ha)	11	93
4 (23 ton groencompost/ha)	11	91
gemiddelde	11	93

Het toedienen van verschillende dosissen groencompost bleek geen voordelig of nadelig effect te hebben op de opkomst, die voor alle zones gelijkaardig was.

Na het spreiden waren de rijsporen van de compoststrooier nog duidelijk zichtbaar. Vlak achter de strooier werd de hoogste dosissen compost afgelegd, wat resulteerde in een duidelijke donkerverkleuring van de bodem, zie Figuur 23.



Figuur 23. Rijsporen van de compoststrooier zijn duidelijk zichtbaar. Vlak achter de strooier werd de hoogste dosis compost afgelegd, wat resulteerde in een donkerverkleuring van de bodem. Foto genomen op 20 april 2019.

De donkerverkleuring in de bodem vertaalde zich later ook in het gewas, zie Figuur 24. Mogelijk kleurden de suikerbieten donkerder doordat door de hogere composttoediening meer N vrijgezet werd.



Figuur 24. Donkerverkleuring van de suikerbieten in de rijsporen van de compoststrooier. In de rijsporen werden de hoogste dosissen compost afgegeven. Foto genomen op 3 oktober 2019.

De manuele opbrengstbepaling gebeurde op 6 november 2019. In iedere herhaling werden 4 naastliggende rijen manueel geoogst over een afstand van 6 m. Het loof werd verwijderd, maar de bieten werden niet ontkopt (cfr. systeem micro-ontkopping van de Tiense Suikerraffinaderij). De resultaten worden getoond in Tabel 9.

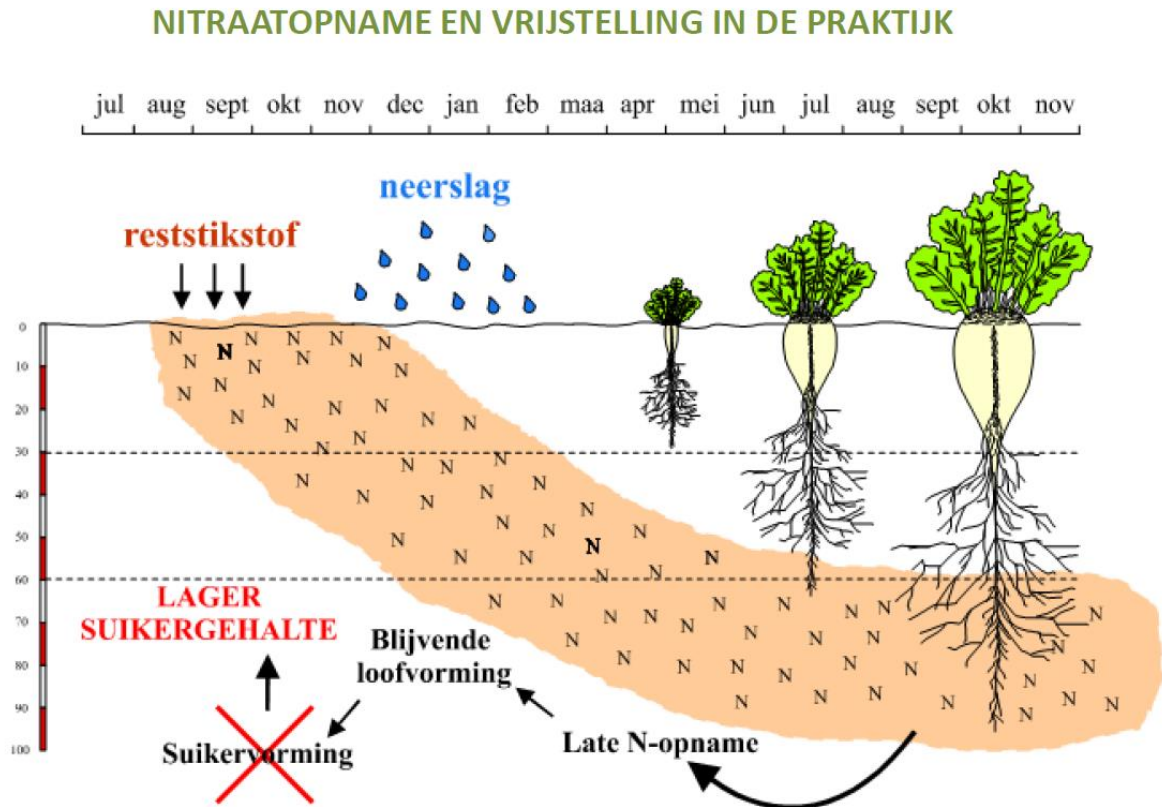
Tabel 9. Opbrengstbepaling suikerbieten, ras Portal. De oogst gebeurde manueel op 6 november 2019. Gemiddelden met eenzelfde letter verschillen niet significant van elkaar (ANOVA gevolgd door Duncan multiple comparisons test). De vermelde dosissen naast iedere zone wijzen op de toegediende dosis groencompost voor de zaai van de suikerbieten (januari 2019).

Zone	Wortelopbrengst		Suikergehalte		
	6/11/2019. Wortelopbrengst bij 17 % suiker (kg/ha)	Duncan wortelopbrengst	6/11/2019. Suikergehalte bij oogst (%)	Duncan suikergehalte bij oogst	13/08/2018. pH Bouwvoor (0- 23 cm)
1 (41 ton/ha)	123.861	A	18,5	A	7,14
2 (44 ton/ha)	122.897	A	17,5	C	6,26
3 (23 ton/ha)	124.231	A	18,1	B	7,35
4 (23 ton/ha)	115.479	A	17,7	BC	7,35
Gem.	121.684	-	17,9	-	7,03

Het **significant verschil in suikergehalte** tussen zone 1 en zone 2 lijkt moeilijk verklaarbaar door het OC-gehalte/de toegediende dosis compost. In beide zones waren deze parameters gelijkaardig. Mogelijk wordt het verschil in suikergehalte verklaard door een verschil in pH. In zone 2 bedroeg de gemiddelde pH 6,26 t.o.v. 7,14 in zone 1 (resultaat bodemscan 13 augustus 2018). De pH in zone 2 lag beneden de streefzone voor een leembodem (6,7 – 7,3). Het lagere suikergehalte woog wel niet door op de wortelopbrengst bij 17 % suiker. De opbrengst in zone 1 (pH 7,14) was met 123.861 kg/ha vergelijkbaar met deze in zone 2 (pH 6,26; 122.897 kg/ha).

Het suikergehalte van zones 3 en 4 was met respectievelijk 18,1 en 17,7 % gelijkaardig en niet significant verschillend. Zowel het OC-gehalte, de EC als de pH waren gelijkaardig in beide zones.

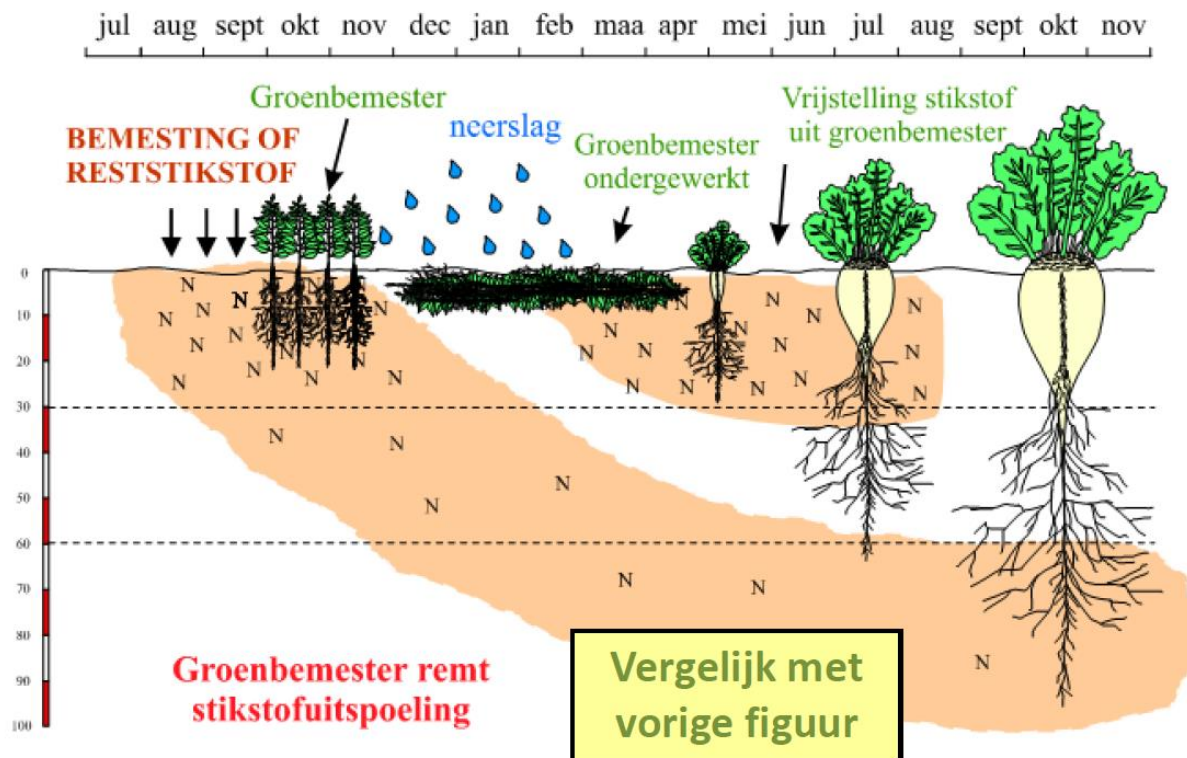
Bepalend voor het suikergehalte van suikerbieten is het moment waarop de plant N opneemt. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 25 en in Figuur 26.



Figuur 25. Invloed van een te late N-opname op het suikergehalte van de suikerbiet (Hermans et al., 2010).

Indien de suikerbiet pas op het einde van het groeiseizoen veel N opneemt, investeert de plant in uitgroei van het loof. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de opgebouwde suikerreserve in de wortel, wat nefast is voor het suikergehalte. De trage vrijgave van N uit compost houdt bijgevolg in theorie een risico in voor het suikergehalte van de suikerbiet. Echter, gezien de N-werkzaamheid slechts 15 % bedraagt en de landbouwer vlak voor de zaai een basisbemesting van 140 E Nwz/ha toediende, konden de suikerbieten het grootste gedeelte van de N tijdig opnemen (cfr. Figuur 26). Dit kan verklaren waarom het suikergehalte van de suikerbieten in zones 1 en 2 (hoge dosis compost) gemiddeld niet verschillend was van het suikergehalte in zones 3 en 4 (lage dosis compost). Het gemiddeld suikergehalte in zone 1 en 2 bedroeg 18,0 % t.o.v. een gemiddelde van 17,9 % in zone 3 en 4. **Het toedienen van een hogere dosis groencompost in zones 1 en 2 t.o.v. zones 3 en 4 had dus geen nadelig effect op het suikergehalte.**

NITRAATOPNAME EN VRIJSTELLING IN DE PRAKTIJK



Figuur 26. Invloed van een tijdige N-opname op het suikergehalte van de suikerbiet (Hermans et al., 2010).

Uit de analyse van de **wortelopbrengsten** bij 17 % suiker bleek dat het toedienen van een lage of hoge dosis groencompost geen significante invloed had. Dit was een onverwacht resultaat, aangezien via toediening van de groencompost laat vrijkomende N gegeven werd aan het gewas. De extra N-gift, bovenop de basisbemesting van 140 E Nwz/ha op 6 april, wordt voor iedere zone getoond in Tabel 10.

Tabel 10. Toegediende hoeveelheid werkzame N. De basisbemesting werd uitgevoerd op 6 april 2019 met Urean (39 % N/L). De groencompost werd toegediend op 25 januari 2019. De N-inhoud bedroeg 14,1 kg/ton. Er werd gerekend m.b.v. de theoretische N-werkzaamheid voor gecertificeerde groencompost (15 %).

Zone	Basisbemesting (Nwz/ha)	Dosis groencompost (ton/ha)	N-bemesting met groencompost (E Nwz/ha)	N toegediend totaal (Nwz/ha)
1	140	41	87	227
2	140	44	93	233
3	140	23	49	189
4	140	23	49	189

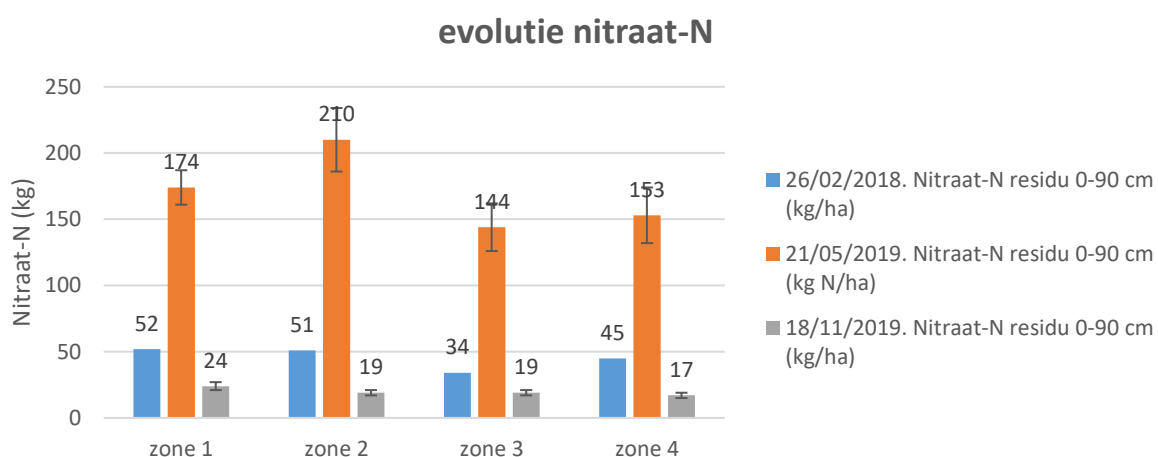
Op basis van het nitraatresidu bepaald na de oogst (Figuur 27, zie verder) kon afgeleid worden dat de meeste van de toegediende N opgenomen werd door het gewas. De extra toegediende N in zones 1 en 2 t.o.v. zones 3 en 4 werd opgenomen, maar resulteerde niet in een significant hogere wortelopbrengst van de suikerbieten.

3.2.2.2 Gevolgen van het toedienen van groencompost voor het nitraatresidu (na suikerbieten)

Het nitraatgehalte in de bodemlaag 0-90 cm werd op verschillende tijdstippen bemonsterd. De resultaten worden getoond in Tabel 11 en in Figuur 27.

Tabel 11. Evolutie van het nitraatgehalte in bodemlaag 0-90 cm na toedienen van groencompost. OC = organisch koolstofgehalte. De suikerbieten werden gezaaid op 7 april 2019.

OC-zone	13/08/2018. OC-gehalte in de bouwvoor (0-23 cm; %)	25/01/2019. Dosis groencompost (ton/ha)	26/02/2019. Nitraat-N gehalte 0-90 cm (kg/ha)	21/05/2019. Nitraat-N gehalte 0-90 cm (kg/ha)	18/11/2019. Nitraat-N gehalte 0-90 cm (kg/ha)
Zone 1	1,1	41	52	174	24
Zone 2	1,1	44	51	210	19
Zone 3	1,4	23	34	144	19
Zone 4	1,4	23	45	153	17



Figuur 27. Evolutie van het nitraatgehalte in bodemlaag 0-90 cm na toedienen van groencompost (voor de zaai van suikerbieten). De groencompost werd toegediend op 25 januari 2018. In zone 1 en 2 werd respectievelijk 41 en 44 ton/ha toegediend. In zone 3 en 4 werd 23 ton/ha toegediend. De foutbalken duiden de standaarddeviatie aan. Op 26 februari werden de stalen niet uitgevoerd in herhalingen waardoor de standaarddeviatie niet bepaald kon worden.

In februari 2019 was in zone 1 en 2 het stikstofgehalte met 52 en 51 kg/ha gemiddeld hoger dan in zone 3 en 4 waar dit respectievelijk 34 en 45 kg/ha bedroeg. Dit was waarschijnlijk te wijten aan een hogere stikstofvrijgave uit de hogere compostdosis.

In mei 2019 was het nitraatgehalte in zone 3 en 4, waar minder compost werd toegediend, lager dan in zone 1 en 2. Via de groencompost werd ook een hogere dosis stikstof toegediend in zone 1 en 2 t.o.v. zone 3 en 4.

Het finale nitraatresidu, bepaald na de oogst van de suikerbieten in november 2019, lag in iedere zone onder de eerste VLM-drempelwaarde. Bovendien was het verschil tussen de verschillende zones klein. Het lijkt er dus wel op dat de suikerbieten in zone 1 en 2, waar meer stikstof werd toegediend via de groencompost, ook meer stikstof hebben opgenomen.

3.2.2.3 Opbouw organisch koolstofgehalte

De opbouw van het organisch koolstofgehalte van een landbouwbodem is een proces dat vele jaren vergt. Gezien de beperkte projectperiode werd bijgevolg niet verwacht reeds een toename in dit gehalte waar te kunnen nemen (Tabel 12).

Tabel 12. Evolutie van het organisch koolstofgehalte in de bodem na toedienen van groencompost. Opmerking: in 2018 werd dit gehalte bepaald in de laag 0-23 cm, in 2019 in de laag 0-30 cm.

OC-zone	13/08/2018. OC-gehalte in de bouwvoor (0-23 cm; %)	25/01/2019. Toegediende dosis groencompost (ton/ha)	21/05/2019. OC-gehalte in de laag 0-30 cm (%)
Zone 1	1,1	41	1,3
Zone 2	1,1	44	1,5
Zone 3	1,4	23	1,2
Zone 4	1,4	23	1,3

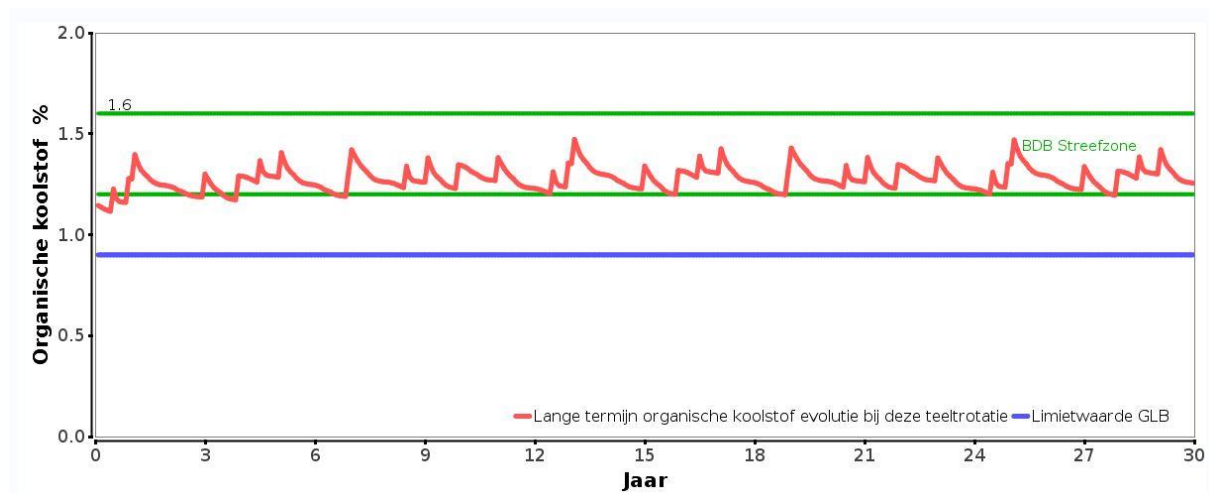
In zone 1 en 2, de zones waarin de hoogste dosis compost werd toegediend, bleek het OC-gehalte toegenomen. In zone 2 werd een toename van 1,1 naar 1,5 % waargenomen. Dit opvallend resultaat had als oorzaak dat de zeer fijne compost nog bovenop de bodem aanwezig was en bijgevolg mee gemeten werd in het bodemstaal. Het betreft dus niet allemaal stabiele organische koolstof.

Nog opvallend was dat in zones 3 en 4 zelfs een daling van het OC-gehalte waargenomen werd. Deze daling kan verklaard worden door de grotere staalnamediepte in 2019 t.o.v. in 2018. De fractie organische stof wordt in een groter volume sterker verdund. Anderzijds was de toegediende dosis groencompost in deze zones lager (23 ton/ha), waardoor minder ongetransformeerd materiaal mee werd gemeten in het staal.

Om het potentieel van groencompost wat betreft de opbouw van het OC-gehalte van een landbouwbodem aan te tonen, werden simulaties gemaakt in de CSlim-applicatie van de Bodemkundige Dienst van België. Hieronder worden enkele simulaties voorgesteld en besproken. Er werd uitgegaan van de startsituatie bij aanvang van de proef (gemiddeld 1,15 % OC) en een rotatie wintertarwe, wintergerst, suikerbieten.

Simulatie 1: 30 ton groencompost/ha

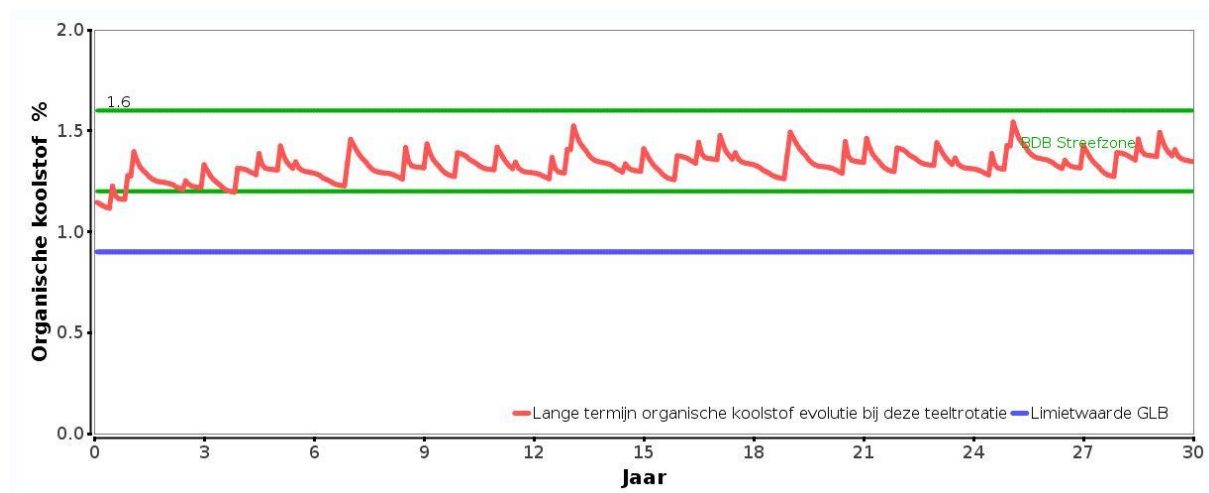
In de eerste simulatie wordt enkel gewerkt met het toedienen van 30 ton groencompost/ha voor de zaai van suikerbieten. Het resultaat wordt getoond in Figuur 28. Er werd gestart in 2018 met een koolstofgehalte van 1,15 %. Door het driejaarlijks toedienen van 30 ton groencompost/ha kan het koolstofgehalte verhoogd worden tot 1,25 % na 30 jaar (+ 9,5 %). In deze simulatie gebeurden geen organische stoppelbestedingen.



Figuur 28. Evolutie OC-gehalte in een teeltrotatie wintertarwe – wintergerst – suikerbieten. Er wordt driejaarlijks (voor de zaai van de suikerbieten) 30 ton groencompost/ha toegediend. Op de stoppel van de wintertarwe en de wintergerst gebeuren geen organische bemestingen.

Simulatie 2: 30 ton groencompost/ha + 15 ton runderstalmest/ha

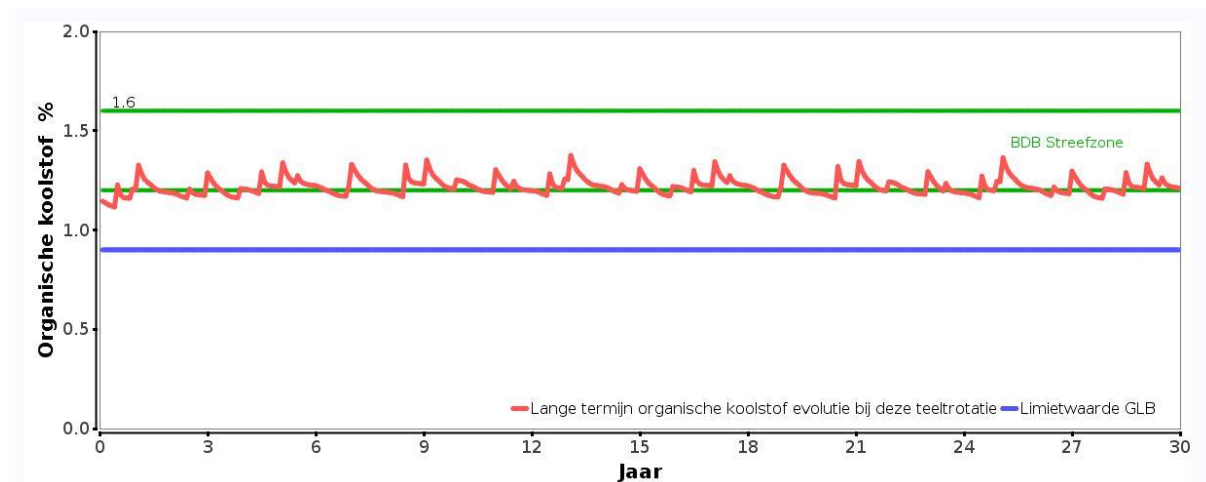
Enkel werken met groencompost volstaat niet om het organisch koolstofgehalte significant te laten stijgen. In deze simulatie werd de basisbemesting van 30 ton groencompost voor de zaai van suikerbieten aangevuld met een bemesting van 15 ton runderstalmest, telkens op de gerststoppel. Het resultaat wordt getoond in Figuur 29. Binnen een termijn van 30 jaar kan het koolstofgehalte toenemen van 1,15 % tot 1,35 % (+ 17,6 %).



Figuur 29. Evolutie OC-gehalte in een teeltrotatie wintertarwe – wintergerst – suikerbieten. Er wordt driejaarlijks (voor de zaai van de suikerbieten) 30 ton groencompost/ha toegediend. Deze bemesting wordt aangevuld met een driejaarlijkse toediening van 15 ton runderstalmest/ha op de gerststoppel.

Simulatie 3: 12 ton groencompost/ha + 15 ton runderstalmest/ha

In dit laatste scenario wordt de gift van groencompost beperkt tot 12 ton/ha (driejaarlijks, telkens voor de zaai van suikerbieten). Deze bemesting werd in de simulatie aangevuld met een stoppelbemesting op de gerststoppel met 15 ton runderstalmest/ha. Het resultaat wordt getoond in Figuur 30. In theorie kan het koolstofgehalte over een periode van 30 jaar stijgen van 1,15 % naar 1,21 % (+ 5,7 %).



Figuur 30. Evolutie OC-gehalte in een teeltrotatie wintertarwe – wintergerst – suikerbieten. Er wordt driejaarlijks (voor de zaai van de suikerbieten) 12 ton groencompost/ha toegediend. Deze bemesting wordt aangevuld met een driejaarlijkse toediening van 15 ton runderstalmest/ha op de gerststoppel.

Om het koolstofgehalte significant op te bouwen, is het in dit bemestingsregime en in deze rotatie noodzakelijk ook het stro in te werken.

3.2.3 Elektrische geleidbaarheid

Op ieder proefperceel werd m.b.v. bodemstalen bepaald welke factor het meest bepalend was voor de EC. Het resultaat wordt getoond in Tabel 13.

Tabel 13. Meest bepalende factoren voor de elektrische geleidbaarheid in de bodem op de proefpercelen.

Perceel	Meest bepalende factor voor de EC	Opmerking
1	Organische stof	-
2	Onduidelijk uit de genomen bodemstalen	Weinig variatie in het kleigehalte (14 – 19 % klei) + weinig variatie in het OC-gehalte (1,2 – 1,5 %). De gasleiding die dwars door het perceel loopt tekent zich wel duidelijk af (hoge EC).
3	Kleigehalte	-
4	Kleigehalte	Op de kopakker is de EC eveneens verhoogd door zouten uit rookbommen uit WO II.
5	Kleigehalte	-

Op proefperceel 4 deelde de betrokken landbouwer mee dat de verhoogde EC op de kopakker tegen de straat (Figuur 31) niet enkel te wijten was aan verdichting. Tijdens WO II bevond zich in de regio van dit perceel een vliegveld. Om de landende en opstijgende vliegtuigen te beschermen, werden rookgordijnen opgetrokken. Bij de verbranding om de rook te generen kwamen zouten vrij, welke indrongen in de bodem. Zodoende werd de EC verhoogd.

Kaart: EC bouwvoor



Figuur 31. Perceel 4, elektrische geleidbaarheid (EC) van de bodem in de laag 0 – 30 cm, bepaald op 13 augustus 2018. Plotgrootte 12 m * 12 m.

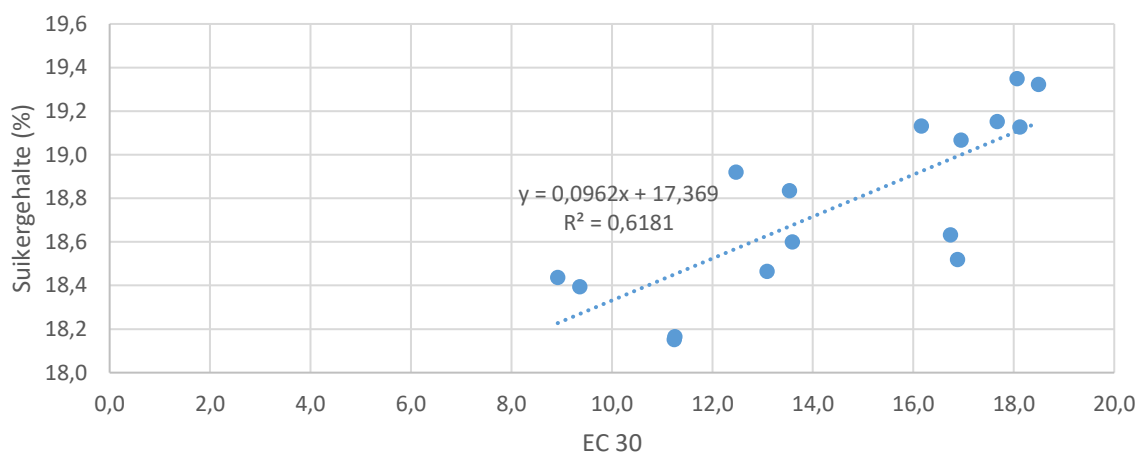
Op perceel 5 (Figuur 32) werd in de suikerbieten in 2018 een correlatie gevonden tussen het suikergehalte en de EC in bodemlaag 0 – 30 cm (Figuur 33).

Kaart: EC bouwvoor



Figuur 32. Perceel 5, elektrische geleidbaarheid (EC) van de bodem in de laag 0 – 30 cm, bepaald op 23 maart 2018. Plotgrootte 8 m * 8 m.

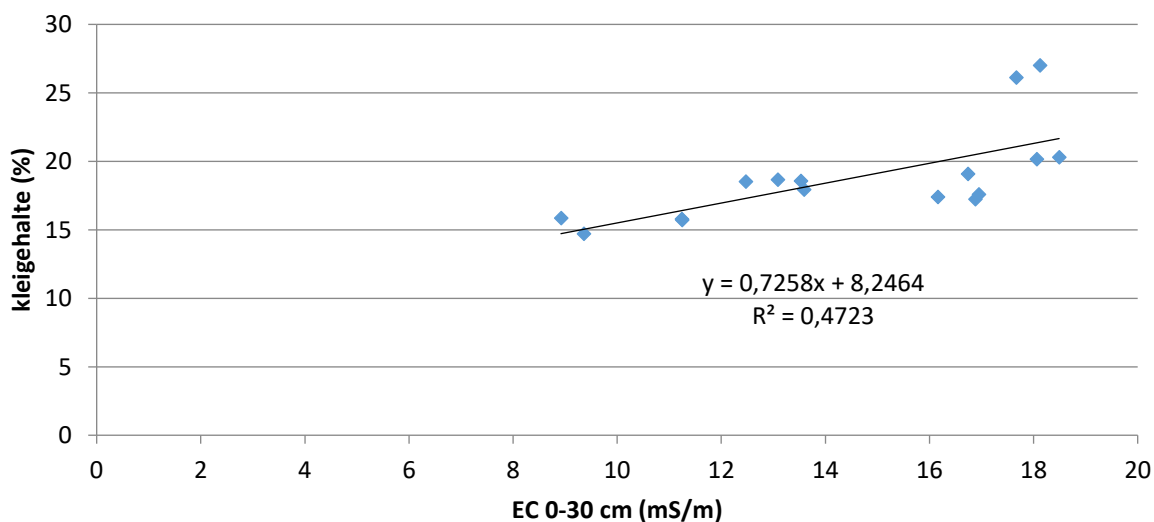
correlatie suikergehalte - EC 30



Figuur 33. Perceel 5, correlatie tussen het suikergehalte en de EC (elektrische geleidbaarheid) van de bodemlaag 0 – 30 cm (EC 30).

Zones met een hoge EC hadden een hoger suikergehalte. De hoge EC werd op dit perceel veroorzaakt door een wat hoog kleigehalte (Figuur 34). De kleideeltjes houden het water zeer goed vast waardoor het minder beschikbaar is voor het gewas. Als gevolg hiervan ondervonden de suikerbieten in de zones met een hoge EC mogelijk iets meer droogtestress dan in de zones met een lage EC met als gevolg een verhoogd suikergehalte.

EC 0-30 cm en kleigehalte



Figuur 34. Perceel 5, correlatie tussen de elektrische geleidbaarheid in de laag 0 – 30 cm (EC30) en het kleigehalte in de bodem. Hoe hoger het kleigehalte in de bodem, hoe hoger de EC30.

4 Conclusie

In het LEADERproject 'Blik op de bodem' (code HAS17/GG/LEA/05) werden **precisielandbouwtechnieken** ter **verbetering van de pH** in Haspengouwse leembodems gedemonstreerd. De technieken werden gedemonstreerd op 5 Haspengouwse proefpercelen met variatie in de pH en waarop de **pH-gevoelige teelten** suikerbieten of wintergerst geteeld werden. Het project liep van 1 januari 2018 t.e.m. 30 juni 2020.

Op 4 percelen werd, ter optimalisatie van de pH, een variabele toediening van kalk gedemonstreerd. Op 1 perceel, waar de variatie in het OC-gehalte groter bleek dan de variatie in pH, werd gekozen voor een variabele toediening van groencompost.

4.1 Precisielandbouwproces

Op ieder perceel werd gestart met het uitvoeren van een bodemscan (Veris MSP3, Vantage Agrometius België). Het scannen gebeurde niet altijd even vlot. In de zomer van 2018 moest het scannen uitgesteld worden omdat de bodem te hard was (2018 was ook een uitzonderlijk droog jaar). De mechanische onderdelen van de bodemscanner geraakten de grond niet in. Het verlaten van het scannen, in combinatie met een wachttijd van 3 – 6 weken op het resultaat, had tot gevolg dat sommige landbouwers de inzaai van de wintergerst moesten verlaten opdat het variabel bekalken kon plaatsvinden. Ook bleek dat op percelen met weinig variatie voor een bepaalde parameter de kaarten niet gekalibreerd konden worden. Op dit moment is ook de kostprijs van het scannen nog zeer hoog, wat het niet mogelijk maakt het scannen in één seizoen terug te verdienen (Tabel 3). Een bodemscan moet dan ook worden geschouwd als een investering op langere termijn.

Op basis van deze scan werden taakkaarten voor een variabele toediening van kalk of groencompost opgemaakt. Op de percelen met wintergerst werd de kalk toegediend in het najaar, vlak voor de zaai van dit gewas. Op het perceel met suikerbieten kon de kalk niet toegediend worden voor de zaai o.w.v. praktische redenen. Hier werd gekeken naar het zuiver effect van de pH op de teelt. Op het perceel waar een variabele toediening van groencompost gedemonstreerd werd, gebeurde de toediening van de compost in januari, voor de inzaai van de suikerbieten dat voorjaar.

Tijdens het groeiseizoen werd de gewasontwikkeling opgevolgd m.b.v. dronebeelden (NDVI en NDRE-indices). De waargenomen variatie in de bodem kon niet gecapteerd worden m.b.v. de gebruikte indices. De bodemvariatie (pH, OC, EC) was waarschijnlijk te klein om te resulteren in grote visuele verschillen in gewasgroei. Ook de droogte speelde een rol: waarschijnlijk was deze de meest bepalende factor voor de gewasgroei, en niet de variatie in pH, OC, Bovendien bestaan er nog geen praktische akkerbouwkundige toepassingen met de dronebeelden zelf. Het gebruik ervan is momenteel nog in volle ontwikkeling en bijgevolg nog te duur.

Op het einde van de teelt werd de opbrengst bepaald. In de granen gebeurde dit door het aanmaken van opbrengstkaarten door maaidorser. Dit proces is reeds ingeburgerd en kende weinig problemen. Aandachtspunt naar de toekomst toe is het aanmaken van opbrengstkaarten voor hakvruchten. In suikerbieten hangt de opbrengst o.a. af van het suiker- en tarragehalte, 2 parameters die moeilijk tijdens de oogst zelf automatisch bepaald kunnen worden.

Tijdens het project werden vele data uit verschillende datalagen verzameld (bodem, gewas, opbrengst). Wegens het ontbreken van een platform om al deze data met elkaar te linken, werden bepaalde correlaties mogelijk over het hoofd gezien. Naar de toekomst toe is het noodzakelijk dat dergelijke dataverwerkingsplatformen ontwikkeld worden.

Tot slot kan de vraag gesteld worden of precisielandbouw in Vlaanderen soms niet te precies is. De grootte van de Vlaamse percelen is vaak eerdere beperkt, zo was de gemiddelde grootte van de proefpercelen binnen dit project 3,5 ha.

4.2 Bodemkundig

4.2.1 pH – wintergerst en suikerbieten

Het bekalken op proefpercelen resulteerde in een lichte stijging van de pH, afhankelijk van de toegediende dosis (max. + 0,3 eenheden in het jaar na toedienen). Maar pH bleef **nog steeds beneden streefzone**, waardoor nog geen effecten op opbrengsten van wintergerst en suikerbieten zichtbaar waren. De zeer beperkte toename in pH kan verklaard worden doordat de kalk in het najaar van 2018 ingewerkt werd in een (zeer) droge bodem.

Het bekalken resulteerde niet in een significante stijging van het nitraatresidu, zeker op de geploegde percelen. Op de beschouwde percelen was het nitraatresidu **nooit hoger dan de drempelwaarden**.

4.2.2 OC –toedienen van groencompost voor de zaai van suikerbieten

In het jaar na toedienen van de groencompost werd nog geen toename in het OC-gehalte van de bodem waargenomen.

De toegediende dosis groencompost (23 ton/ha of 41-44 ton/ha) en het onderliggend C-gehalte (resp. 1,1 of 1,4 %) hadden geen invloed op de opkomst van de beproefde suikerbieten, nog negatief, noch positief.

N komt traag vrij uit (groen)compost (N-werkzaamheid bedraagt 15 %). Het (te) laat opnemen van N door suikerbieten resulteert doorgaans in een verminderd suikergehalte (Hermans et al., 2010). Omdat de landbouwer bij de zaai een basisbemesting van 140 E Nwz/ha toediende, namen de suikerbieten het grootste gedeelte van de vereiste N tijdig op. De fractie laat vrijkomende N uit de groencompost had geen gevolgen meer voor het suikergehalte.

Het toedienen van een hogere dosis groencompost (41-44 ton/ha) houdt eveneens een hogere toediening van N in. Echter, de suikerbieten die meer compost toegediend kregen en in het perceelsgedeelte met een lager OC-gehalte lagen (1,1 %), vertoonden geen hogere wortelopbrengsten aan 17 % suiker t.o.v. de suikerbieten die een lagere dosis toegediend kregen (23 ton/ha) en in het perceelsgedeelte met een hoger OC-gehalte lagen (1,4 %). Het surplus aan N werd niet geïnvesteerd in extra wortelgroei.

4.2.3 Elektrische geleidbaarheid (EC)

In theorie zijn het kleigehalte, vochtgehalte en/of het organische stofgehalte van een bodem de meest bepalende factoren voor de elektrische geleidbaarheid. Op 3 van de 5 proefpercelen (perceel 3, 4 en 5) bleek het kleigehalte de meest bepalende factor. Hoe hoger het kleigehalte, hoe hoger de EC van de bodem. Op perceel 1 bleek het organische stofgehalte de meeste bepalende factor voor de EC. Hoe hoger het organische stofgehalte, hoe hoger de EC.

Momenteel bestaan er nog geen landbouwkundige toepassing die een rechtstreeks gevolg zijn van de variatie in EC. Meer onderzoek m.b.t. deze parameter is nodig.

5 Bibliografie

Dillen, J. (2017). *Demoproject SMART Bodem: werking bodemscan uitgelegd (powerpointpresentatie)*.

Generate a vegetation index – Support. (n.d.). Retrieved June 8, 2020, from <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/360000891623-Generate-a-vegetation-index>

Hermans, I., Elsen, A., & Bries, J. (2010). *Groenbemesters en nitraatresidu*.

Moermans, S. (2020). *Het belang van de bodem-pH en hoe deze te verbeteren. Brochure bezoekdag demoplatform boomkwekerij, 29 juni 2016*.

Reubens, B., D'Haene, K., D'hose, T., & Ruyschaert, G. (2010). *Bodemkwaliteit en landbouw, een literatuurstudie. Activiteit 1 van het Interregproject Bodembreed*.

Vandendriessche, H. (2017). Hoofdstuk 5: Organische stof in de bouwvoor. In *Plantenvoeding en bemesting*. Bodemkundige Dienst van België (BDB).

VLM. (2019). *Invloed van pH en bekalking op stikstofbemesting, -nitraatresidu en -uitspoeling*.