Bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon: jaarrapport werkjaar 2 (1 juli ‘22 – 30 juni ‘23)

Jaarrapport

Bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon - jaarrapport werkjaar 2 (1 juli ’22 – 30 juni ’23)
Het Vlaamse bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon heeft tot doel om de organische-koolstof-voorraden in de bodems van verschillende landgebruiken (akkerland, blijvend grasland, bos, natuur en ruimtebeslag) en de evoluties hierin te monitoren. Dit document betreft het jaarrapport van het tweede werkjaar van het koolstofmonitoringnetwerk (1 juli 2022 - 30 juni 2023).

Dit rapport bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Overheid.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever
Peter Cabus
Departement Omgeving
Vlaams Planbureau voor Omgeving
Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel
vpo.omgeving@vlaanderen.be
www.omgevingvlaanderen.be

Auteurs
Cmon consortium:

- Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving – Katrien Oorts, Dries Luts, Joost Salomez, Martien Swerts
- ILVO – Fien Amery, Tommy D’Hose
- INBO – Suzanna Lettens, Bruno De Vos

Wijze van citeren
Oorts K., Amery F., Lettens S., D’Hose T., De Vos B., Luts D., Salomez J., Swerts M. 2023. Bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon - jaarrapport werkjaar 2 (1 juli 2022 – 30 juni 2023). Vlaams Planbureau voor Omgeving, Brussel.

PARTNERS

ILVO Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek
INSTITUUT NATUUR- EN BOSONDERZOEK
Vlaanderen is wetenschap

INHOUDSTAFEL

1 Inleiding 4
2 Aankopen en personeel 5
2.1 Aanwerven personeel 5
2.1.1 ILVO 5
2.1.2 INBO 5
2.2 Aankoop materiaal 5
2.2.1 ILVO 5
2.2.2 INBO 5
3 Staalname 6
3.1 Algemeen 6
3.2 Bemonsteringspunten 6
3.3 Contacteren eigenaars 8
3.4 Protocol staalname 10
3.5 Uitvoering staalname 11
3.5.1 Verloop staalname 11
3.5.2 Kwaliteitscontrole en opleidingen 13
4 Analyse 14
4.1 Protocol staalvoorbereiding en analyse 14
4.2 Onderlinge kwaliteitscontrole en opleidingen 15
4.3 Uitvoering analyses 18
5 Landgebruiksverandering 20
6 Harmonisatie en doorstroming data naar Databank Ondergrond Vlaanderen 23
6.1 Algemeen 23
6.2 Departement Omgeving 24
6.3 ILVO 25
6.4 INBO 25
7 Opslag van stalen in de Geotheek 26
8 Uitwerken protocol schaduwmeetnet 28
9 Dataverwerking, interpretatie, rapportering en publicatie 29
9.1 Eerste resultaten 29
9.1.1 Algemeen 29
9.1.2 Gemeten basisparameters per landgebruik en diepte-interval 32
9.1.3 Bulkdensiteit fijn aarde < 2 mm vs. totaal volume 34
9.1.4 Organische C en totale N stocks in de bodemlagen 0-30 en 0-100 cm 36
9.1.5 Mass-preservering splines 40
9.1.6 Organische C en totale N stocks in strooisellagen 44
9.1.7 Organische C en totale N stocks in de 0-30 cm en 0-100 cm bodemlagen inclusief strooisellagen 45
9.1.8 Evaluatie variatiematen van de Cmon voorstudie 48
9.1.9 Vergelijking met bestaande schattingen voor organische C voorraden voor België 50
9.2 Conclusies 50
10 Rapportage en Communicatie 52
Referenties 53
Bijlage 1: Gantt-chart uit werkplan werkjaar 2 (1 juli 2022 – 30 juni 2023) 54

1 INLEIDING

Het Vlaamse koolstofmonitoringnetwerk ‘Cmon’ heeft tot doel om de organische-koolstof-voorraden in de bodems van verschillende landgebruiken (akkerland, blijvend grasland, bos, natuur en ruimtebeslag) en de evoluties hierin te monitoren. In een voorstudie door Sleutel et al. (2021) werden de krijtlijnen van dit monitoringnetwerk uitgewerkt, inclusief de selectie van de meetpunten, staalnameprotocollen en analysemethodes. Voor 2594 monitoringplots zullen, over een periode van 10 jaar (t0), niet alleen de organische-koolstofstocks tot 1 m diepte, maar ook totale stikstof, pH en bodemtextuur bepaald worden. Het is de bedoeling om na die 10 jaar naar diezelfde plots terug te keren en opnieuw te bemonsteren (t1). Het aantal monitoringplots moet een detectie van een gemiddelde koolstofvoorraad-verandering van 4‰ over 20 jaar toelaten, maar door de gefaseerde bemonstering zal ook een relatief snelle, eerste representatieve detectie van koolstofvoorraad-veranderingen mogelijk zijn. Dit komt tegemoet aan de verplichte vijfjaarlijkse LULUCF-rapportering (i.e., 2021-2025) en zal ons tevens in staat stellen om in Vlaanderen de werkelijke evolutie van de percentages en voorraden van organische koolstof in de bodem in verschillende landgebruikscategorieën en de beleidseffecten erop te kunnen opvolgen.

Dit document betreft het jaarrapport van het tweede werkjaar van het koolstofmonitoringnetwerk (1 juli 2022 – 30 juni 2023) en bevat de eerste meetresultaten van de eerste 2 werkjaren.

2 AANKOPEN EN PERSONEEL

2.1 AANWERVEN PERSONEEL

2.1.1 ILVO

Bij ILVO werd geen extra personeel aangeworven.

2.1.2 INBO

Mijlpaal 1: Halftijdse materiaaltechnicus bij INBO in dienst ten laatste op 1 februari 2023
Om de staalvoorbehandeling vlotter te laten lopen en de terreinploeg deels te ontlasten van labowerk werd op 1/09/2022 Arne Haegeman op halftijdse basis aangeworven op het EV INBO als staalvoorbehandelaar. De andere halftijdse invulling ondersteunt hij het labo voor de verdere verwerking van Cmon stalen.

2.2 AANKOOP MATERIAAL

2.2.1 ILVO

- Een reductiedeksel voor de messenmolen aangekocht voor het verkleinen van het materiaal van vilt- en strooisellagen.
- Extra bodemstaalnamemateriaal aangekocht via Eijkelkamp: gutsen (vervanging beschadigde boren + reservemateriaal), extra sets Kopecky-ringen (vermijden dat staalnames niet kunnen doorgaan door een tekort aan ringen) en onderdelen van de Kopecky steekset (vervanging beschadigde onderdelen + reservemateriaal)

2.2.2 INBO

- Messenmolen (Retsch Grindomix SM200) voor het verder fijnmalen van organisch materiaal (strooisellagen en organische bodems) werd geleverd op 15/07/2022 en kort daarna in gebruik genomen.
- Goal zero Yeti 1500: draagbare accu om compressor van koelbox/diepvriezer in het terreinvoertuig op aan te sluiten. Hiermee kunnen bodemstalen ook in zomer permanent gekoeld worden tijdens transport. In gebruik vanaf 10/10/2022.
- Er werd een extra set gutsen, Kopecky steekset en Edelmanboor aangekocht.
- Ford Ranger werd 1 jaar na bestelling geleverd en sinds 24/01/2023 in gebruik genomen als nieuw dienstvoertuig specifiek voor Cmon staalnames.

3 STAALNAME

3.1 ALGEMEEN

Binnen Cmon worden 5 verschillende landgebruikscategorieën bemonsterd elk met hun eigen kenmerken en aandachtspunten. Er werd echter wel geopteerd voor de ontwikkeling van één gezamenlijk protocol voor de staalname dat geldig is voor alle landgebruikscategorieën. Deze keuze moet uniformiteit in de monstername garanderen en zo de vergelijking tussen verschillende landgebruiksvormen toelaten. Bovendien stelt een gezamenlijk protocol ieder staalnameteam (los van het feit of het nu tot ILVO of INBO behoort) in staat om elk landgebruik met dezelfde nauwkeurigheid te bemonsteren. Parallel aan het staalnameprotocol werd een opnameformulier opgesteld om zo de 'meta-data' van iedere monitoringplot éénduidig vast te leggen.

3.2 BEMONSTERINGSPUNTEN

Tijdens werkjaar 2 werd de onderverdeling van ruimtebeslag landgebruik verder verfijnd in een aantal subklassen. Deze onderverdeling was nodig omdat ruimtebeslag een zeer heterogene klasse is en we binnen Cmon willen verzekeren dat elke subklasse voldoende bemonsterd wordt om tot een bruikbaar resultaat te komen. Er is gestart op basis van de procedure uit Sleutel et al. (2021). Volgens deze procedure werden de punten, toegewezen aan de klasse ruimtebeslag, opgedeeld in 3 verschillende klassen: (1) parken en recreatiedomeinen, (2) tuinen en (3) bermen. De toewijzing is gebeurd in een specifieke volgorde en eens een punt toegewezen is aan een specifieke klasse, kan dit niet meer van klasse wijzigen.

1. De selectie van Parken gebeurde met behulp van het landgebruiksbestand niveau 2 (Poelmans et al., 2021). Punten werden aan de klasse parken en recreatiedomeinen toegewezen indien deze binnen cellen van het landgebruiksbestand niveau 2 vielen met de volgende klassen: '2-Park', '4-Golfterreinen', '6-Sportterreinen', '7-Campings & vakantiecentra' en '8-Overige recreatie'.
2. Hierna gebeurde de selectie van tuinen door na te gaan welke punten zich binnen een GRB-ADP (kadaster-perceel) bevonden en volgens landgebruiksbestand niveau 2 de klassen '12-residentieel', '29-Groothandel', '30-Transport & verkeer', '31-Detailhandel', '32-horeca', '33-Gezondheidszorg', '34-Kantoren & administratie', '35-Onderwijs', '36-Overige diensten', '37-Zelfstandigen', '38-Overige bedrijventerreinen' of '40-Mix zelfstandigen – residentieel' hebben (Agentschap Digitaal Vlaanderen, 2022a; Poelmans et al., 2021). Deze punten werden toegewezen aan de Cmon subklasse tuinen.
3. Na de selectie van de tuinen bleef er een restklasse van ruimtebeslag-punten over die als potentiële bermen geïdentificeerd werden.

Echter, zoals Sleutel et al. (2021) ook al hadden aangegeven, is deze aanpak niet echt geschikt voor de identificatie van bermen, aangezien de restklasse nog een zeer groot aantal punten bevat die geen bermen zijn. Ook had deze aanpak tot gevolg dat er een eenzijdige selectie was van bermen die binnen ruimtebeslag liggen. Bermen zijn typisch kleiner dan 10 m waardoor deze niet als een aparte identificeerbare categorie voorkomen in het landgebruiksbestand. Sleutel et al. (2021) stelden voor om in plaats van bovenstaande aanpak, de aanpak gebruikt in de C-Gar studie toe te passen (Sleutel et al., 2020). Deze laat toe om GRTS-locaties binnen alle Cmon landgebruiken te

selecteren die potentieel een berm zijn en tegelijk is de selectie aan bermen binnen ruimtebeslag strikter dan in het geval van bovenstaande procedure. De C-Gar procedure werd binnen Cmon als volgt toegepast:

1. Locaties die potentiële bermen zijn, werden geselecteerd uit de volledige set aan GRTS-punten (ook deze toegewezen aan bos, natuur, blijvend grasland en akker).
2. Punten die binnen een bepaalde buffer rond lijnelementen (wegen, waterlopen en spoorwegen) liggen, werden als potentiële berm aangeduid. De volgende datasets werden gebruikt om deze buffers te berekenen:
    a. Het wegenregister (Agentschap Digitaal Vlaanderen, 2022b):
        i. Selectie op de data voor de buffer; het attribuut morfologie is niet gelijk aan één van de volgende codes: 'niet-gekend', 'wandel- of fietsweg, niet toegankelijk voor andere voertuigen' en 'aardeweg';
        ii. Afmeting buffer: 20 m;
    b. De waterlopenlaag van de VHA (wlas) (Vlaamse Milieumaatschappij, 2022):
        i. Selectie op de data voor de buffer van waterlopen van categorie 0 (bevaarbaar), categorie 1 en categorie 2;
        ii. Afmeting buffer: 30 m;
    c. De GRB-laag spoorbaan (Agentschap Digitaal Vlaanderen, 2022a):
        i. Geen selectie;
        ii. Afmeting buffer: 10 m.

    Er zal nog nagegaan worden of door het kiezen van minder brede buffers de selectie berm/niet-berm nog accurater kan.
3. Na de selectie van de GRTS-punten die potentieel een berm zijn, werd een visuele inspectie gedaan met behulp van orthofoto's (Agentschap Digitaal Vlaanderen, 2023) om te bepalen of er effectief een berm aanwezig is en deze voldoet aan de voorwaarden voor staalname binnen Cmon.
    a. Minstens 20 m² bemonsterbaar oppervlak.
    b. Minstens 2 m breed.

Potentiële bermlocaties waar na de visuele controle geen berm aanwezig is, werden volgens de procedure beschreven in het rapport van werkjaar 1 terug toegewezen aan een Cmon hoofdklasse en kunnen volgens hun GRTS-rank in aanmerking komen om voor deze klasse bemonsterd te worden. Ook binnen de bermen-klasse wordt GRTS-rank gebruikt om te bepalen welke locatie eerst bemonsterd moet worden.

Na het uitwerken van deze aanpak, en dus na selectie van tuinen, parken en bermen, hebben we vastgesteld dat we binnen ruimtebeslag nog steeds een overblijvende klasse hebben die door de cascade-aanpak zoals hierboven beschreven niet bemonsterd wordt. Vanwege de omvang van deze restklasse leek deze ons niet insignificant en werd voorgesteld om deze toch te bemonsteren. Deze bevat bijvoorbeeld heel wat residentieel groen, braakliggende terreinen en hobby landbouw (niet-geregistreerde landbouw) die wel degelijk voorkomt in Vlaanderen, maar niet eenvoudig te vatten is in 1 duidelijk omschreven klasse. Om staalname van deze punten mogelijk te maken, was een herverdeling van het aantal voorziene staalnames voor de verschillende landgebruiksklassen nodig. Hierbij werd besloten om het totaal aantal staalnames binnen Cmon niet aan te passen en enkel de staalnames al toegewezen aan de klasse ruimtebeslag

te herverdelen. Deze herverdeling is gebeurd op basis van de oppervlakte, naar analogie met Sleutel et al. (2021) (zie Tabel 1). De oppervlakten voor tuinen, bermen en parken werden overgenomen uit Sleutel et al. (2021) en de oppervlakte voor de restcategorie werd geschat door alle cellen op te tellen die aan de onderstaande voorwaarden voldoen:

- Landgebruiksbestand niveau 1 is ’12-Niet-geregistreerde landbouw’, ’20-Overig laag groen’ of ’21-Overig hoog groen’;
- De cel is geen tuin of park volgens stap 1 en 2 uit de flow om residentieel landgebruik onder te verdelen in de subklassen.

Tabel 1: Herverdeling van het aantal Cmon plots in de Cmon ruimtebeslag subklassen volgens oppervlakte.

Cmon landgebruik	Oppervlakte (in ha)	Aantal plots Sleutel et al. (2021)	Aantal plots Cmon
Totaal ruimtebeslag		458	458
Tuinen	143 686	338	213
Parken en recreatiedomeinen	28 372	67	42
Bermen	22 500	53	33
Overige	114 667	/	170

Mijlpaal 6: Een controle op blijvend grasland wordt uitgevoerd wanneer landbouwgebruikspercelen versie 2021 beschikbaar is (1 oktober 2022).

⇨ Nadat in februari 2023 de lijst met XY-coördinaten van de staalnamepunten op akker- en blijvend grasland voor jaar 2 werd aangeleverd, werd aan de hand van de meest recente versie van de landbouwgebruikspercelen door het Departement Landbouw en Visserij (Departement LV) een controle uitgevoerd op het landgebruik (i.e. 2022). Staalnamepunten die geselecteerd werden voor akkerland, maar zich bevonden op percelen met code BG (blijvend grasland) werden geschrapt uit de lijst van akkerland en toegevoegd bij blijvend grasland. Bij blijvend grasland werden enkel die staalnamepunten weerhouden die zich situeerden op percelen met code BG. De percelen zonder deze BG-status werden geschrapt uit de lijst van blijvende graslanden en opgenomen in de lijst van akkerland.

3.3 CONTACTEREN EIGENAARS

Mijlpaal 2: Protocol is ondertekend. Eigenaarsgegevens werden ontvangen voor de eerste reeks staalnamepunten (werkjaar 1) (1 september 2022).

⇨ Het ‘Begeleidend protocol inzake gegevensverwerking in de zin van artikel 20 van de wet van 30 juli 2018 betreffende de bescherming van natuurlijke personen met betrekking tot de verwerking van persoonsgegevens, tussen de Federale Overheidsdienst Financiën en het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) betreffende het Bodemkoolstofmonitoringnetwerk (Cmon)’ werd ondertekend op 05/07/2022. De eerste aanvraag van adresgegevens gebeurde in september 2022. Het betrof 160 plots gelegen in bos, natuur en ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen. De gegevens werden snel ontvangen (binnen 2 weken).

Mijlpaal 3: Finale beslissing omtrent het publiek ontsluiten van resultaten gelinkt aan XY-coördinaten (1 november 2022).

- ⇨ De finale beslissing over het publiek ontsluiten van de resultaten gelinkt aan XY-coördinaten wordt uitgesteld tot alle data gebruikt voor dit rapport beschikbaar zijn in DOV en klaar zijn voor publicatie. Dit laat ons toe om op het ogenblik van publicatie rekening te houden met de laatste evoluties binnen Vlaanderen over publicatie van bodemdata en wetenschappelijke resultaten.

Mijlpaal 4: Eigenaarsgegevens voor werkjaar 2 worden opgevraagd en ontvangen (1 november 2022).

- ⇨ In april 2023 werd een tweede aanvraag ingediend (260 plots in bos, natuur, ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen, ruimtebeslag tuinen en ruimtebeslag overige). De gegevens werden opnieuw snel ontvangen.

Mijlpaal 5: Aanleveren van lijst met XY-coördinaten van de staalnamepunten voor jaar 2 aan het Departement Landbouw & Visserij (1 september 2022)

- ⇨ Omdat het percentage uitval vooraf moeilijk was in te schatten, werden in jaar 1 extra staalnamepunten aangevraagd via het Departement LV. Bijgevolg diende pas in februari 2023 de lijst met XY-coördinaten van de staalnamepunten voor jaar 2 (akker en blijvend grasland) aan het Departement LV aangeleverd te worden.

Mijlpaal 7. De nodige privé-eigenaars en landbouwers worden gecontacteerd om stalen te nemen zodat voldoende plots bemonsterd kunnen worden (doorlopend).

- ⇨ INBO schreef voor 22 plots gelegen in bos, natuur en ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen de eigenaars begin november 2022 aan per brief (aangetekende zending). Ongeveer de helft reageerde positief. De andere helft reageerde niet. Deze laatste plots werden niet bezocht. In een nieuwe versie van de brief werd expliciet gevraagd om ook te reageren indien eigenaars niet akkoord gaan met de staalname.
- ⇨ Op 10/05/2023 verstuurde INBO 45 aangetekende brieven naar eigenaars van 37 plots in bos, natuur, ruimtebeslag parken recreatiedomeinen en ruimtebeslag overige. Op 24/05/2023 was al van ongeveer de helft een reactie ontvangen. Twee eigenaars gaven tot nu toe aan dat we geen staalname mogen uitvoeren.
- ⇨ De brieven naar eigenaars van tuinen werden nog niet verstuurd. De staalname van deze plots zal door ILVO gebeuren (INBO verstuurt enkel de brieven), met dien verstande dat de ILVO staalnemers hoofdzakelijk actief zijn vanaf het najaar. De eigenaars zullen tijdens de zomer van 2023 gecontacteerd worden, zodat de staalname nauw kan aansluiten bij de briefwisseling.
- ⇨ Na het aanleveren van de XY-coördinaten van de staalnamepunten op landbouwpercelen aan het Departement LV werd aan de hand van de meest recente versie van de landbouwgebruikspercelen de gebruiker van het specifieke perceel achterhaald. Wegens de geldende GDPR-regels werd de lijst met landbouwers niet bezorgd aan het ILVO, maar werden de landbouwers gecontacteerd door het Departement LV. Op 21 maart 2023 werden de landbouwers op de hoogte gebracht van de staalname via mail of brief.

3.4 PROTOCOL STAALNAME

Het protocol voor staalname en het opnameformulier, vastgelegd in werkjaar 2021-2022, werd tijdens gebruik in werkjaar 2 verder verfijnd, verduidelijkt en indien nodig, licht aangepast. Een overzicht van de aanpassingen is terug te vinden in Tabel 2 en Tabel 3.

Tabel 2. Overzicht van de wijzigingen in het staalnameprotocol.

Versie	Startdatum	Aanpassingen
1.0	1/03/2022	Eerste versie
1.1	1/06/2022	Methode voor het noteren van de aanwezigheid van >5% stenen in de geroerde monsters werd toegevoegd.

Tabel 3. Overzicht van de wijzigingen in het opnameformulier.

Versie	Startdatum	Aanpassingen
1.0	1/03/2022	Eerste versie
1.1	1/06/2022	Lijst met antropogeen materiaal aangepast; 'Obstakel aanwezig waardoor geen Kopecky ring genomen kan worden (type)' toegevoegd; 'meer dan 5% stenen aanwezig' toegevoegd
1.2	1/12/2022	EUNIS lijst werd aangepast aan 2021 versie; insporing en vertrappeling door vee werd toegevoegd.
1.3	15/05/2023	Keuzelijst landgebruikscategorie Cmon werd aangepast; GRTS-locatie kan toegewezen worden aan type hindernis

Mijlpaal 8. Uitwerken staalnamemethodiek stenige bodems (1 november 2022).

- ⇨ Deze mijlpaal werd gedeeltelijk gehaald. Er vond een terreinanalyse plaats op 6 juli 2022 op één van de meest stenige Cmon plots (plot P82C6A41 [struinnatuurgebied Maesbempder Greend, Mazenhoven] nabij de Maas). Deze site werd intensief bemonsterd tot 60 cm diepte en 127 kg bodem werd meegenomen voor verdere labo-analyse van zowel massa als volume aan grove fractie (> 2 mm, vooral maasgrind). Tot 60 cm diepte werd tevens de 'excavation method' uitgetest met zowel gekalibreerd zand als water voor de volumebepaling.
- ⇨ Van zodra alle labo gegevens bekomen en verwerkt zijn, zal op basis van de bevindingen een protocol uitgeschreven worden voor het bepalen van de bulkdensiteit en de grove fractie van stenige bodems en toegevoegd worden aan het Cmon-staalnameprotocol (doelstelling in werkplan 2023-2024: protocol afgewerkt voor 1 sept 2023, in voege vanaf 1 oktober 2023).

Deliverable 1. Wijzigingen worden gedocumenteerd in een geüpdatete versie van het staalnameprotocol (1 juni 2023).

- ⇨ OK, dit is gebeurd, zie Tabel 2 en Tabel 3.

⇨ Half mei 2023 werden de huidige versies van het Cmon-staalnameprotocol en het opnameformulier op de Cmon-website geplaatst.

3.5 UITVOERING STAALNAME

3.5.1 Verloop staalname

Elk werkjaar dienen er normaal gezien 282 locaties bemonsterd te worden door ILVO en INBO samen (Tabel 4). In dit jaarlijks aantal zijn de locaties van het schaduwmeetnet (QAQC herbemonsterde plots) en de locaties om veranderingen van landgebruik op te volgen (LULUCF plots), inbegrepen.

Tabel 4: Overzicht van het aantal geplande staalnamelocaties per landgebruik

Cmon landgebruik	Aantal plots	LULUCF plots	QAQC (herbemon-sterde plots)	Totaal staalnames	Jaarlijks
Akker	794	20	40	854	85
Blijvend grasland	406	20	20	446	45
Bos	490	20	25	535	53
Natuur	446	20	22	488	49
Ruimtebeslag tuinen	213	5	9	227	23
Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen	42	5	3	50	5
Ruimtebeslag bermen	33	5	3	41	4
Ruimtebeslag overige	170	5	8	183	18
Totaal	**2594**	**100**	**130**	**2824**	**282**

In het werkjaar 2022-2023 werden in totaal 284 staalnamelocaties bemonsterd (Tabel 5) wat overeenstemt met 110% van de jaarlijkse hoeveelheid plots (exclusief QAQC- en LULUCF-plots). Hoewel er in jaar 2 meer dan dubbel zoveel punten werden bemonsterd in vergelijking met jaar 1 worden de vooropgestelde doelen (nl. 564 plots na 2 jaar) voorlopig niet gehaald.

Volgens de samenwerkingsovereenkomst zouden er in de periode 2021-2024 ca. 1130 meetpunten bemonsterd moeten worden, inclusief LULUCF- en QAQC-plots. Eind mei 2023 waren er 398 proefvlakken (Tabel 5) bemonsterd, zijnde 35 % van het totaal geraamde aantal voor de periode 2021-2024.

Tabel 5 : Overzicht van het aantal uitgevoerde staalnamelocaties per landgebruik op 31/05/2023. (percent uitgevoerd werd uitgedrukt ten opzichte van jaarlijks 'Aantal plots', dus exclusief plots uit het schaduwmeetnet en het LULUCF meetnet).

Cmon landgebruik	Staalname werkjaar 2021 -2022	Staalname werkjaar 2022 - 2023	Totaal over de 2 werkjaren	Uitvoerder
Akker	53 (67%)	70 (88%)	123	ILVO
Blijvend grasland	2 (5%)	47 (116%)	49	ILVO
Bos	30 (61%)	93 (190%)	123	INBO
Natuur	20 (45%)	66 (148%)	86	INBO
Ruimtebeslag tuinen	0 (0%)	0 (0%)	0	ILVO
Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen	3 (71%)	8 (190%)	11	INBO
Ruimtebeslag bermen	6 (182%)	0 (0%)	6	INBO
Ruimtebeslag overige	0 (0%)	0 (0%)	0	INBO
Totaal	**114 (44%)**	**284 (110%)**	**398 (77%)**	

Mijlpaal 9. De bodemstalen voor werkjaar 2 werden genomen op het voorziene aantal locaties per type landgebruik (1 juni 2023).

- ⇨ INBO: Er vond een inhaalbeweging plaats voor de landgebruiken bos en natuur. De resterende natuurplots voor werkjaar 2 waren te nat om in het voorjaar te bemonsteren en zullen in de zomermaanden bemonsterd worden. Voor de residentiële plots is er nog steeds een achterstand. De verfijning van de methodiek voor het selecteren van bermen en het aflijnen van de categorie 'Ruimtebeslag overige' zorgde voor vertraging. De eigenaars van Ruimtebeslag overige werden gecontacteerd in de eerste helft van mei en deze plots krijgen nu voorrang.
- ⇨ ILVO: Ook voor de landgebruiken akker en blijvend grasland vond er een inhaalbeweging plaats. Er werden dubbel zoveel plots bemonsterd als in jaar 1. Toch werd het voorziene aantal locaties voor 'Akker' en 'Ruimtebeslag tuinen' niet gehaald. Aangezien het cruciaal is dat de staalnemers aanwezig zijn in het voorjaar vooraleer bemestingen of bewerkingen worden uitgevoerd, blijft het nauwe venster voor het nemen van bodemstalen op akkerland een aandachtspunt. De staalnames voor de categorie 'Ruimtebeslag tuinen' zullen in het najaar van 2023 van start gaan.

3.5.2 Kwaliteitscontrole en opleidingen

Mijlpaal 10. Gemeenschappelijke opleidingsgdag voor INBO en ILVO-staalnemers (1/11/2022).

- ⇨ Mijlpaal gehaald. Op 17/11/2022 werd een intercalibratiedag georganiseerd op het INBO met ILVO, VPO en INBO. Bedoeling van deze dag was om de methoden van staalname en staalvoorbehandeling af te stemmen tussen INBO en ILVO, te overlopen of het protocol volledig en correct gevolgd werd en tips en tricks uit te wisselen om de staalname en staalvoorbehandeling efficiënt(er) te laten verlopen. Er waren zowel wetenschappers, als staalnemers en staalvoorbehandelaars aanwezig. In de voormiddag werd een staalname uitgevoerd van een bosplot in Brakel, in de namiddag werd de INBO staalvoorbehandeling gedemonstreerd en onder de loep genomen. Enkele belangrijke topics van deze opleidingsdag waren het verfijnen van de methodiek voor het splitten van het staal en verfijnen van de methodiek om niet-bodemmateriaal uit de geroerde stalen te verwijderen. De methode voor het fijnmalen van de organische stalen met de messenmolen en (nieuwe) snijmolen werd gedemonstreerd. Praktijkervaringen werden uitgewisseld zowel op het terrein als in het labo. Deze opleidingsdag werd door alle deelnemers als verrijkend ervaren.

Mijlpaal 11: Overzicht staalnamelocaties en aanpassingen protocol (met nieuw versienummer) in ontwerprapport jaar 2 voor stuurgroep (1/06/2023).

- ⇨ ok

4 ANALYSE

4.1 PROTOCOL STAALVOORBEREIDING EN ANALYSE

Het protocol voor staalvoorbereiding en analyse, vastgelegd in werkjaar 2021-2022, werd tijdens gebruik in werkjaar 2 verder verfijnd, verduidelijkt en indien nodig licht aangepast. Een overzicht van de aanpassingen is terug te vinden in Tabel 6.

Tabel 6. Overzicht van de wijzigingen in het staalvoorbereidings- en analyseprotocol.

Versie	Startdatum	Aanpassingen
1.0	8/4/2022	Eerste versie
1.1	26/4/2023	Aangepast wat en wanneer materiaal uit de ringen moet gehaald worden Aangepaste formule voor bulkdichtheid bodem <2mm vs totale volume
1.2	1/9/2022	Alle organische stalen, inclusief strooisel- en viltlagen, worden gemalen in de snijmolen met 2 mm zeef Organische stalen worden niet extra gezeefd na malen Vilt- en strooisellagen worden gesplit in 3 fracties vòòr verder verkleinen Verkleinen van het TC-deelstaal van vilt- en strooisellaag tot poeder met messenmolen
1.3	1/12/2022	Afwegen ringen als handwarm Punt 17 vervalt (bepaling staal volledig organisch) Alternatieve werkwijze splitten wordt toegevoegd
1.4 + 1.5	10/3/2023	Zoeken en behandelen van materiaal in ringen (met bijlage 1) Verduidelijking bepalingsgrens
1.6	12/5/2023	Zoeken en behandelen van niet-bodem materiaal in ringen (versie 2)

Een relatief belangrijke aanpassing betrof het verkleinen van de organische stalen, reeds aangekaart in vorig jaarrapport. In versie 1.2 werd opgenomen dat organische stalen na verkleinen met de snijmolen, gemalen worden in een messenmolen tot een beter gehomogeniseerd en zeer fijn poeder. Daardoor werd de reproduceerbaarheid van de TC en TN analyse op het organische referentiestaal heel wat beter, alsook de vergelijkbaarheid tussen de ILVO en INBO laboratoria.
Dit werd retro-actief toegepast op alle organische stalen die reeds genomen waren, waardoor dit voor alle stalen op dezelfde manier werd en wordt gedaan. Op deze manier kan dit geen verschillen geven op de resultaten.

Eind mei 2023 is versie 1.6 van het protocol in gebruik, dit protocol is terug te vinden op de Cmon website (Deliverable 2 en 3).

Mijlpaal 12: Overleg met bespreking foto's en massa's van deelstalen, eventuele aanpassingen protocol bespreken (voor 28/02/2023)

- ⇨ Mijlpaal 12 werd niet gehaald. Dit zal pas bekeken worden nadat daar meer concrete data voor verzameld werden. Alle zeefreststalen worden daarvoor bijgehouden.
- ⇨ Voor de verwerking van de data wordt de mogelijkheid bekeken om met een masterthesisstudent verdere analyses op alle zeefresten te doen en die kwantitatief te evalueren. Daarnaast zou in de loop van najaar 2023 door INBO een geavanceerde beeldmicroscoop aangekocht worden die niet alleen toelaat de zeefresten via beeldverwerking te analyseren (resolutie 1 µm), maar ook fracties te kwantificeren op basis van vorm en kleur. Als dit toestel kan ingezet worden voor het analyseren van de zeefresten, zullen hier bruikbare data in zitten om de samenstelling en de C voorraad van het zeefrestmateriaal in te schatten. Als de zeefrest als digitaal beeld is vastgelegd en geanalyseerd volgens een specifiek protocol, kan het fysieke staal nadien worden verwijderd.

Deliverable 2: Beschikbaar protocol voor staalvoorbereiding en analyse op de Cmon-website (31/12/2022)

- ⇨ Half mei 2023 werd de huidige versie van het Cmon-analyseprotocol op de Cmon-website geplaatst.

Deliverable 3: eventuele aanpassingen analyseprotocol (met nieuw versienummer) in ontwerprapport jaar 2 voor stuurgroep (31/05/2023)

- ⇨ ok

4.2 ONDERLINGE KWALITEITSCONTROLE EN OPLEIDINGEN

Aangezien de analyses door twee instituten worden uitgevoerd, is een doorgedreven kwaliteitscontrole extra belangrijk. Hiervoor werden in werkjaar 1 verschillende acties ondernomen. Deze acties werden in 2022-2023 voortgezet.

Een eerste actie was het vervolledigen van de set referentiematerialen (Mijlpaal 13). Het organisch referentiemateriaal was reeds aanwezig, maar onvoldoende verfijnd (zie vorig jaarrapport). Door de aankoop van de messenmolen door INBO kon dit staal verder verfijnd worden. Daarmee werd het volledige organische substaal vermalen (na voorverkleining op 2 mm) en werd het perfect gehomogeniseerd, waarna een veel preciezere meting werd bekomen (C analyse CV% = 0,59; N analyse CV% = 0,59). Enkele porties werden ook aan ILVO bezorgd voor de interne kwaliteitscontrole. Een overzicht van de gebruikte referentiematerialen is te vinden in Tabel 7.

Tabel 7. Overzicht van de gebruikte interne Cmon-referentiematerialen.

Naam interne referentie	Parameter	Opgenomen in ringtest	Type materiaal	Consensuswaarde
FSCC_4_B (TC)	TC	FSCC_4	Bosbodem zandleem (Gontrode)	0,65%
FSCC_4_B (TN)	TN	FSCC_4		0,04%
FSCC_6_A (TC)	TC	FSCC_6	Minerale leembodem (Slovakije)	4,30%
FSCC_6_A (TN)	TN	FSCC_6		0,27%
FSCC_6_D (TC)	TC	FSCC_6	Strooisel Deurne (OF, OH)	46,6%*
FSCC_6_D (TN)	TN	FSCC_6		1,8%*
IR_BOD_O	TIC	Vlarisub	Landbouwbodem polder (Watervliet)	0,50%

* Kan afwijken gezien dit materiaal verder verkleind werd met de messenmolen

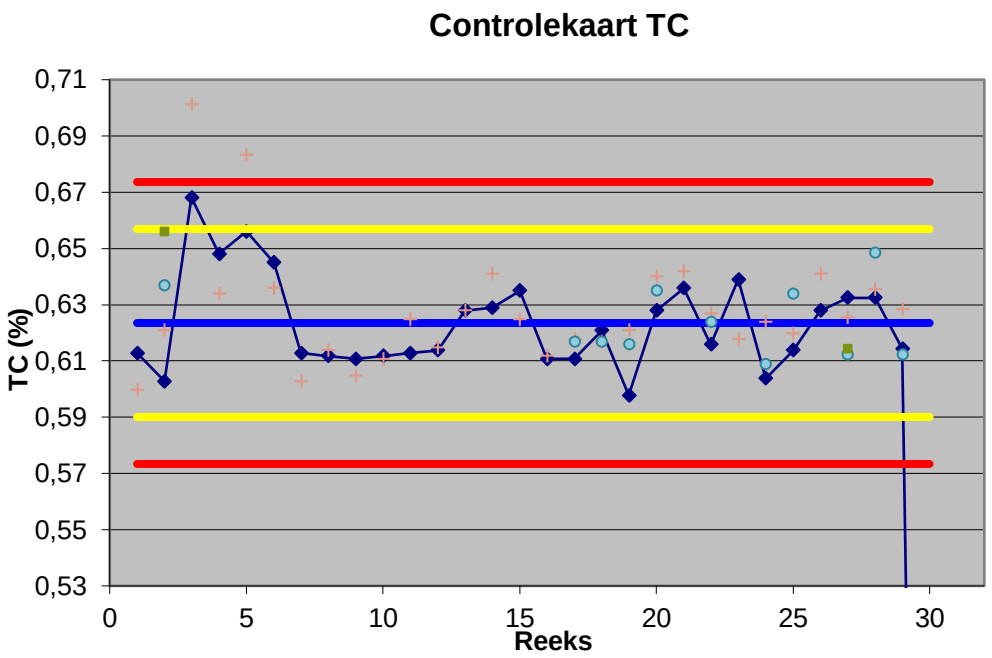
INBO en ILVO overleggen regelmatig om de Cmon-analyses en de metingen van de referentiematerialen te bespreken. In Tabel 8 is te zien dat de gemiddelde gemeten waarde voor zowel INBO als ILVO dicht bij de consensuswaarden liggen, maar ook dat de gemiddelde waarden van de controlekaarten tussen beide instituten zeer goed overeenstemmen. ILVO heeft nog maar 2 metingen van het organische referentiemonster FSCC_6_D, aangezien er nog geen organische stalen geanalyseerd werden. INBO heeft al 5 controlemetingen van FSCC_6_D en de variatiecoëfficiënt (CV) voor TC is het dubbele van de minerale bodemstalen (FSCC_4_B en FSCC_6_A). Voor totale N is de CV zowel voor het minerale staal als het organische staal rond de 4%, wat eigenlijk nog steeds goed is. Alleen voor anorganische C (TIC) is de CV bij ILVO relatief hoog (8,9%) in vergelijking met INBO en is ook de afwijking van de consensuswaarde iets groter. ILVO bekijkt dit momenteel verder.

De controlekaarten die beide instituten hanteren voor materiaal FSCC_4_B wordt geïllustreerd in (Figuur 1) voor ILVO en Figuur 2 voor INBO. De criteria voor actie, opgelijst in het eerste jaarrapport, blijven behouden. In het werkjaar 2022-2023 was er geen speciale actie nodig.
Enkel voor de textuuranalyses door het INBO lab kwamen op basis van de controlekaart problemen aan het licht. Dit wordt verder toegelicht.

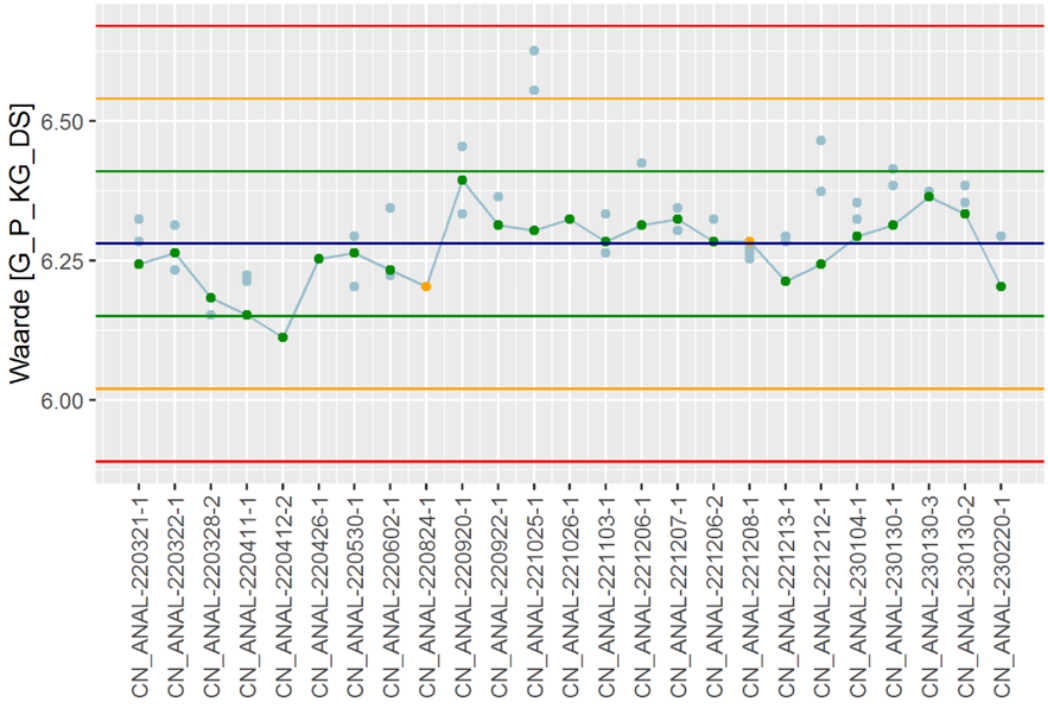
Tabel 8. Overzicht van de gemeten gemiddelde concentratie, CV%, aantal metingen in de controlekaarten van de interne referentiematerialen van ILVO en INBO (status mei 2023).

Naam interne referentie	INBO			ILVO			Consensus-waarde (ringtest)
	Gem ($g\ kg^{-1}$)	CV%	n	Gem ($g\ kg^{-1}$)	CV%	n	Gem ($g\ kg^{-1}$)
FSCC_4_B (TC)	0,63	1,0	25	0,62	2,7	30	0,65
FSCC_4_B (TN)	0,042	3,8	25	0,043	4,7	30	0,04
FSCC_6_A (TC)	4,25	1,1	26	4,25	2,8	30	4,30
FSCC_6_A (TN)	0,279	1,9	26	0,277	2,3	30	0,27
FSCC_6_D (TC)	44,59	3,1	5	47,82	-	2	46,6*
FSCC_6_D (TN)	1,78	3,8	5	1,86	-	2	1,8*
IR_BOD_O (TIC)	0,51	1,3	13	0,45	8,9	20	0,50

* Kan afwijken gezien dit materiaal verder verkleind werd met de messenmolen



Figuur 1. Controlekaart van FSCC_4_B TC van ILVO. TC-concentratie (gecorrigeerd voor restvocht) versus het nummer van de meetreeks (meetdag, opeenvolgend). De donkerblauwe punten en lijn stellen de eerste meting (en trend) van de meetdag voor. Eventuele bijkomende metingen worden ook weergegeven door andere punten in de controlekaart. De helder blauwe horizontale lijn stelt het gemiddelde van de laatste 30 metingen voor, de gele en de rode lijnen de waarde van het gemiddelde +/- 2 respectievelijk 3 keer de standaarddeviatie.



Figuur 2: Controlekaart van FSCC_4_B TC van INBO. Tijdens elke batch wordt het referentiemateriaal 3 x gemeten (blauwe punten). Elke eerste meting is verbonden met een lijn en geeft de variatie aan tussen de meetbatches. De blauwe horizontale lijn geeft het gemiddelde van 25 metingen aan, de groene, oranje en rode lijn respectievelijk 1, 2 en 3 standaard afwijkingen tov het gemiddelde. Op één batch na (12/04/2022) liggen alle eerste metingen binnen 1 SD afwijking.

Op 17 november 2022 verzamelde het Cmon-consortium bij INBO in Geraardsbergen. Naast een bespreking en gezamenlijke uitvoering van de staalname (zie hoger), werd ook de staalvoorbereiding onder de loep genomen die dag. De staalvoorbereiding werd volledig in praktijk doorlopen. Daarbij kwamen enkele kleine verschillen en onduidelijkheden aan het licht, die resulteerden in een verduidelijking en aanpassing van het protocol (zie hoger).

Al deze acties kaderden in de uitgevoerde kwaliteitscontrole voor Cmon (Deliverable 4).

Deliverable 4: Overzicht uitgevoerde kwaliteitscontrole en mogelijke aanpassingen in ontwerprapport jaar 2 voor stuurgroep (31/05/2023).

- ⇨ ok

Mijlpaal 13: Volledige set van interne Cmon-referentiematerialen klaar (31/08/2022)

- ⇨ ok

4.3 UITVOERING ANALYSES

Het aantal locaties met uitgevoerde staalname, staalvoorbereiding en analyse sinds de start van de monitoring wordt gegeven in Tabel 9. De aantallen voor staalvoorbereiding en analyses sluiten doorgaans dicht aan bij de uitgevoerde staalnames. Dit gaat dus vrij vlot ondanks de zeer uitgebreide handelingen (zie protocollen). Bij ILVO waren in het voorjaar van 2023 wat terugkerende problemen met de CN-analyzer. Dit bracht enige vertraging van de resultaten met zich mee, maar er kon uiteindelijk wel tijdig gerapporteerd en geëxporteerd worden (zie verder).

Het INBO labo kampte dan weer met problemen met de laser-diffractie textuuranalyser. Door de verbouwingswerken aan het labo (Gebouw Gaverstraat 35) was deze textuuranalyser verplaatst naar het hoofdgebouw (Gaverstraat 4). Omdat de resultaten van onze matrix-referentie in het gebied tussen 2 en 10 µm afwijkende resultaten gaf en niet herhaalbaar waren, werden alle textuuranalyses stopgezet tot het probleem gevonden was. Het toestel kreeg een volledige check-up van de hardware, herinstallatie van de software, allerlei hercalibraties, maar de oorzaak werd niet gevonden. Het verschil in kwaliteit van het leidingwater en mogelijke effecten op de peptisatie werden systematisch onderzocht maar de oorzaak bleef onduidelijk. Door het toestel na de renovatiewerken terug naar de oorspronkelijke laboplek te verhuizen liep alles weer zoals voorheen en werden sindsdien geen afwijkingen meer vastgesteld. Mogelijks had het dus toch iets te maken met de locatie: schommelingen op het stroomnet, interferenties met netwerkkabels of temperatuurverschillen door de koelcel waarnaast het toestel was geplaatst. Een inhaalbeweging voor de ILVO en INBO textuurstalen is ingezet en de resultaten werden alsnog afgeleverd in de maand mei.

Algemeen kan het INBO bodemlabo weer optimaal functioneren in het vernieuwde gebouw sinds midden april 2023. De analytische workflow verloopt nu sneller en de kwaliteitscontrole wordt nog strenger toegepast. De bottleneck voor INBO zal nu vooral verschuiven naar een tijdige staalvoorbehandeling van de Cmon stalen.

Tabel 9: Overzicht van het totaal aantal locaties per landgebruik met uitgevoerde staalnames, staalvoorbereiding en analyses op 31/5/2023 sinds de start van de monitoring.

Cmon landgebruik	Staalname	Staalvoorbereiding	Analyses
ILVO	172	172	132*
INBO	211	157	96*
Totaal	**383**	**329**	**228**

* Enkel textuur is nog niet van alle stalen gemeten (zie hoger)

Mijlpaal 14: De bodemstalen van werkjaar 2 werden geanalyseerd (30/4/2023)

- ⇨ Ok, enkel textuuranalyses hebben een achterstand door de bovenvermelde problemen
- ⇨ INBO: in maart 2023 vond de verhuis plaats van het INBO analytische labo en het INBO voorbehandelingslabo naar de nieuwe lokalen. Dit zorgde voor wat vertraging op de staalvoorbehandeling en analyse, maar dit wordt in versneld tempo bijgebeend.

5 LANDGEBRUIKSVERANDERING

In het tweede werkjaar is een eerste prioritering opgemaakt van op te volgen landgebruiks-veranderingen (Tabel 10). Bij deze prioritering is rekening gehouden met de beleidsrelevantie voor beleidsevaluatie en -ontwikkeling, en relevantie voor de LULUCF-monitoring en rapportering. Deze beoordeling is gebeurd op basis van de frequentie van het effectief voorkomen van de landgebruiksveranderingen volgens de LULUCF-rapportering en de frequentie van het toekomstig voorkomen van de landgebruiksveranderingen volgens de LULUCF prognoses. Daarnaast is er gebruik gemaakt van expertbeoordeling binnen het Cmon-consortium om een selectie te maken van de te bemonsteren landgebruiksveranderingen en om het aantal beschikbare staalnamepunten toe te wijzen aan een landgebruiksverandering.

Tabel 10: De selectie van de te bemonsteren landgebruiksveranderingen en de verdeling van de 100 voorziene staalnameplots.

Start	Uitkomst	Staalnameplots
Akker	Bos	10
Akker	Grasland	10
Akker	Ruimtebeslag	10
Akker	Wetland	5
Bos	Grasland	10
Bos	Ruimtebeslag	10
Bos	Wetland	5
Grasland	Akker	10
Grasland	Bos	10
Grasland	Ruimtebeslag	10
Grasland	Wetland	10

Binnen de huidige Cmon-staalnamecampagne worden 100 plots voorzien voor landgebruiks-veranderingen. Deze 100 plots waren in de voorbereidende studie evenredig verdeeld over de verschillende landgebruiksveranderingen tussen de 5 Cmon landgebruiksklassen (akker, grasland, bos, natuur en ruimtebeslag), 5 plots per verandering (per klasse 4 veranderingen naar een andere klasse) (Sleutel et al., 2021). Bij het opstellen van de prioritering en toewijzen van de plots dit werkjaar is er besloten om hiervan af te wijken. Uit de expertevaluatie is snel naar voor gekomen dat 5 plots per landgebruiksverandering zeer laag is om tot een representatief resultaat te komen. Hiernaast wijzen de gegevens van de LULUCF-rappertering en prognoses er op dat bepaalde

landgebruiksveranderingen amper voorkomen of weinig relevant zijn (bijvoorbeeld omzetting ruimtebeslag naar andere landgebruiken of wetland naar andere landgebruiken).

Er is ook besloten om aan de 5 Cmon landgebruiksklassen nog een zesde klasse toe te voegen, namelijk wetlands. Binnen de LULUCF-classificatie bestaat de Cmon-klasse natuur niet, maar wel de klasse wetlands. Zowel voor LULUCF als voor het Vlaamse omgevings- en landbouwbeleid worden landgebruiksveranderingen waarbij wetland betrokken is als zeer relevant gezien (Belgian interregional Environment Agency (CELINE-IRCEL), 2023; Eggleston et al., 2006). Wetland wordt binnen Cmon niet expliciet bemonsterd als onderdeel van de landgebruiksstratificatie, maar wordt in de praktijk in zover dit mogelijk is op basis van het Cmon staalnameprotocol wel bemonsterd. Als onderdeel van de terreinobservaties binnen een Cmon-staalname doen de terrein-medewerkers een terreinbeoordeling van de plot om te zien of deze als wetland beschouwd kan worden en duiden dit vervolgens aan op het opnameformulier. De definitie van wetland in het Cmon opnameformulier is 'gebieden die ondergelopen of verzadigd zijn van oppervlakte- of grondwater met een frequentie en duur die lang genoeg is om een aangepaste vegetatie toe te laten'.

Om in beperkte mate ook vertegenwoordiging van Natuur te voorzien in de landgebruiks-veranderingen wordt voorgesteld om bij landgebruiksveranderingen van of naar grasland, 5 blijvende graslanden te voorzien (Cmon definitie grasland) en 5 natuur graslanden. Uit de LULUCF-definitie van grasland kunnen we afleiden dat natuur waar een voldoende dicht bladerdek ontbreekt (anders is het bos) of die niet extreem nat is (anders is het wetland), in de LULUCF categorie grasland thuishoort (Eggleston et al. 2006).

Deze prioritering wordt voor verdere verfijning en expertevaluatie voorgelegd aan de data sub-werkgroep van de LULUCF-werkgroep. Aan deze werkgroep nemen experts uit verschillende Vlaamse overheidsinstanties, onderzoeksinstituten en de academische wereld deel.

De aanpak van de staalname voor de landgebruiksveranderingen is nog niet volledig uitgewerkt, maar een aantal elementen zijn wel al bekend:

- De staalname en analyse zal gebeuren volgens dezelfde aanpak als een standaard Cmon staalname, volgens het Cmon staalname- en analyseprotocol.
- De terugkeerfrequentie voor deze locaties wordt voorzien om hoger te zijn dan bij de standaard Cmon-locaties. Op dit moment wordt een staalname om de 5 jaar voorzien en wordt er overwogen om op basis van expertbeoordeling voor specifieke landgebruiksveranderingen met andere frequenties te werken.
- Bij voorkeur wordt net voor de start van de landgebruiksverandering de eerste staalname uitgevoerd. Alternatief kan ook tijdens de verandering of kort na de verandering, wanneer de impact op de koolstof in de bodem nog beperkt is (waar de landgebruiksverandering bv. niet gepaard ging met een intensieve bodembewerking), de staalname gebeuren.
- Locaties waarbij de landgebruikswijziging gepaard gaat met grondverzet worden niet opgenomen in de staalname. Om een duidelijk beeld te krijgen van de impact van dit type wijziging is het ook noodzakelijk om ook de wijzigingen binnen het verplaatste materiaal

op te volgen. Er zijn onvoldoende middelen voorzien in deze campagne om dit effectief op te volgen.

- Locaties waarbij ontharding of afdichting plaatsvindt worden niet opgenomen in de set van de te bemonsteren locaties. Deze locaties zijn ook niet opgenomen in de standaard Cmon staalname en de staalname is wellicht complexer dan een standaard Cmon staalname.

Dit werkjaar is het identificeren van de plots opgestart. Voor deze stap is er besloten om af te wijken van de procedure voorgesteld in het eindrapport van de voorstudie (Sleutel et al., 2021). De aanpak in de voorstudie maakt gebruik van verschillen tussen opeenvolgende versies van de landgebruikskaart (Departement Omgeving, 2021) . Op basis van ervaring uit andere projecten met betrekking tot landgebruiksveranderingen en de analyse uit de voorstudie is gebleken dat deze aanpak tot heel wat vals positieven leidt (artefacten van de data in plaats van werkelijke verandering) en veel van de veranderingen zijn niet deze die we zoeken. Daarom hebben we besloten om gericht op zoek te gaan naar landgebruiksveranderingen door organisaties en projecten te bevragen die actief landgebruiksveranderingen veroorzaken/beheren.

Mijlpaal 15: Uitgewerkte strategie voor de selectie van punten voor landgebruiksveranderingen en bijhorende bemonsteringsstrategie ter bespreking in de stuurgroep (eind november 2022).

- ⇨ Uit bovenstaande volgt dat mijlpaal 15 dit jaar niet gehaald is en vertraging heeft opgelopen.

6 HARMONISATIE EN DOORSTROMING DATA NAAR DATABANK ONDERGROND VLAANDEREN

6.1 ALGEMEEN

De gegevens verzameld in het koolstofmonitoringnetwerk worden opgeslagen in de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV). Dit betreft zowel de analyseresultaten en de bijhorende metadata als de terreinwaarnemingen en foto's genomen tijdens de staalname. Zo worden alle resultaten van het koolstofmonitoringnetwerk over alle landgebruiken heen opgeslagen in één databank.

INBO en ILVO voeren het terreinwerk, de staalvoorbereiding en de labo-analyses uit. Ze hebben elk hun eigen interne systemen om bodemdata te bewaren. De analysedata van de laboratoria worden opgeslagen in de respectievelijke Labo-Informatie-Management-Systemen (LIMS). Elk labo staat in voor de grondige (1ste en 2delijns) kwaliteitscontrole van de gegenereerde data. Het INBO bezorgt de resultaten van de textuuranalyses aan het ILVO en ILVO stuurt de NIRS data naar het INBO. De gegevens van de veldformulieren volgen een andere weg. Zowel de data van de veldformulieren als de analysedata worden uiteindelijk in de DOV-bodemdatabank opgeslagen. Per plot worden alle data gescreend en gevalideerd, samen met de kwaliteitsgegevens (duplo analyses, controlekaarten, …). Indien nodig worden stalen geheranalyseerd ter controle en/of correctie.

De data afkomstig van INBO en ILVO worden op een uniforme manier in DOV opgeslagen. Deze data werden volledig geharmoniseerd tussen DOV, INBO en ILVO zodat de data bij de drie partijen zowel inhoudelijk als technisch eenduidig worden opgeslagen (er wordt onder andere gebruik gemaakt van dezelfde keuzelijsten). Daarna werd een *mapping* uitgevoerd tussen de databanken van INBO, ILVO en DOV zodat duidelijk is welke velden in de verschillende datasystemen van INBO, ILVO en DOV overeenkomen. Dit resultaat werd bereikt door een gezamenlijke tijdsintensieve oefening van VPO, INBO en ILVO. Wijzigingen in het opnameformulier, staalnameprotocol en analyseprotocol zijn telkens ook doorgevoerd in de harmonisatie, de bijhorende mapping en de DOV-bodemdatabank. Wijzigingen in combinatie met de tijdsintensieve harmonisatie en mapping zorgden ervoor dat ook in werkjaar 2 nog aan de harmonisatie en mapping werd verdergewerkt. Het hele proces heeft gezorgd voor een eenduidige, realistische en weldoordachte geharmoniseerde opslag van de data van het koolstofmonitoringnetwerk in Databank Ondergrond Vlaanderen.

Het geleverde werk heeft ook zijn meerwaarde voor de opslag en uitwisseling van alle bodemdata in Vlaanderen. Tijdens het harmonisatieproces is de aandacht gevestigd op aspecten van bodemstaalname en -analyse zoals staalvoorbereiding en informatie over de deelsteken van mengmonsters en de opslag van near infrared spectroscopy data welke nog niet conceptueel waren uitgewerkt in de Vlaamse bodeminformatiesystemen en bodemdatamodellen.

6.2 DEPARTEMENT OMGEVING

Binnen Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) werden door departement Omgeving heel wat ontwikkelingen uitgevoerd in het kader van Cmon.

Voor de opslag van bepaalde data zijn aanpassingen aangebracht in de data-infrastructuur van DOV. Een voorbeeld hiervan is de invoer en opslag van nieuwe parameters en nieuwe analysemethoden zoals de spectra bekomen door near infrared spectroscopy. Alle aanpassingen werden ook verwerkt in het XML-schema van DOV zodat al de data van het koolstofmonitoringnetwerk en andere campagnes kunnen aangeleverd worden via XML-import.

Vermits tijdens het Cmon project INBO, ILVO en departement Omgeving intensief samenwerken, werd een systeem uitgewerkt en ontwikkeld zodat de 3 partners van het Cmon consortium elkaars intern gepubliceerde Cmon-data kunnen raadplegen en exporteren. Dit was voordien niet mogelijk in DOV.

Momenteel lopen de ontwikkelingen van geautomatiseerde afgeleide berekeningen op basis van de Cmon basisdata. Het resultaat van deze berekeningen wordt opgeslagen als extra parameters in de DOV-bodemdatabank zodat iedere DOV-gebruiker gebruik kan maken van deze gestandaardiseerde berekeningen. Tijdens het berekeningsproces worden allerlei kwaliteitschecks uitgevoerd en gerapporteerd zodat eventuele foute basisdata gemakkelijk opgespoord kunnen worden door het Cmon consortium. De onderstaande parameters zullen automatisch berekend worden door de DOV applicatie:

- Organische C – percentage (%)
- Bulkdensiteit bodem < 2 mm vs totale volume - gemeten gemiddelde (g/cm^3)
- Bulkdensiteit bodem totaal - gemeten gemiddelde (g/cm^3)
- Organische C – voorraad (t/ha)
- Totale N – voorraad (t/ha)
- Strooisellaag of viltlaag - organische C – voorraad (t/ha)
- Strooisellaag of viltlaag - totale N – voorraad (t/ha)
- Textuur - fractie klei (volume %)
- Textuur - fractie leem (volume %)
- Textuur - fractie zand (volume %)

Daarnaast wordt momenteel een extra tab ontwikkeld bij de bodemlocatiefiche in de DOV-verkenner waar je een overzicht krijgt van alle Cmon kerndata voor die Cmon plot. Deze kerndata bevatten zowel basisdata als afgeleide data.

Om de verwerking en publicatie van de Cmon-data vanuit DOV te optimaliseren, zijn momenteel nog enkele projecten lopende binnen het DOV-team.

6.3 ILVO

Bij ILVO werd in werkjaar 2022-2023 Smartsoil, de ILVO-bodemdatabank, verder ontwikkeld. Deze ging eind 2022 in productie. Er werden verschillende loaders ontwikkeld om de Cmon-data in Smartsoil te laden. Deze moesten geregeld aangepast worden om conform de gevraagde data in DOV te zijn. Daarnaast werd gewerkt aan de export om de data vanuit Smartsoil naar DOV te exporteren. Een eerste stap was om data manueel in DOV in te voeren (zomer 2022). Dit vormde dan de leidraad voor de ontwikkeling van de API/XML. Ook deze moest nog geregeld aangepast worden na tests in DOV Oefen. In april 2023 zijn alle data van 2022 dan naar DOV Productie kunnen doorstromen.

6.4 INBO

Bij INBO werden de Cmon-data in de INBOdem databank opgeladen met behulp van Google sheet datamodules. Deze sterk gestandaardiseerde modules worden ingevuld op basis van R scripts en vervolgens opgeladen in INBOdem via een ETL, na grondige controle voor dataconsistentie. In een eerste stap werden eveneens data manueel ingevoerd in DOV (najaar 2022). Dit diende als basis voor de ontwikkeling van de xml door een externe programmeur in opdracht van INBO. Hiermee werd gestart in december 2022, maar de ontwikkeling liep vertraging op en werd niet tijdig afgewerkt. De INBO gegevens zaten dus midden mei 2023 nog niet in de DOV databank.

Mijlpaal 16: Eerste data worden manueel of automatisch ingevoerd in DOV vanuit de databanksystemen van INBO en ILVO (31/07/2022)

- ⇨ Ok voor ILVO en INBO

Mijlpaal 17: Nodige aanpassingen doorgevoerd in DOV en de databanksystemen van INBO en ILVO (15/12/2022)

- ⇨ Ok voor ILVO en DOV
- ⇨ Een aantal aanpassingen aan de INBO databank werden doorgevoerd in de eerste maanden van 2023. Een bijkomende aanpassing zal nodig zijn voor het inlezen van de volledige textuurfingerprint.

Deliverable 5: API of service van INBO en ILVO voor datadoorstroming naar DOV (15/12/2022)

- ⇨ Pas later gehaald voor ILVO, maar op tijd voor de rapportage van het tweede werkjaar
- ⇨ Voor INBO werd deze deliverable nog niet afgewerkt.

Deliverable 6: Data eerste werkjaar zijn doorgestroomd naar DOV (15/12/2022)

- ⇨ Voor ILVO was dit pas uitgevoerd half april 2023, wel op tijd voor de rapportage van het tweede werkjaar
- ⇨ De INBO data zijn nog niet doorgestroomd via de XML naar DOV.

Deliverable 7: Data tweede werkjaar zijn doorgestroomd naar DOV (30/04/2023)

- ⇨ Ok voor ILVO
- ⇨ De INBO data zijn nog niet doorgestroomd via de XML naar DOV.

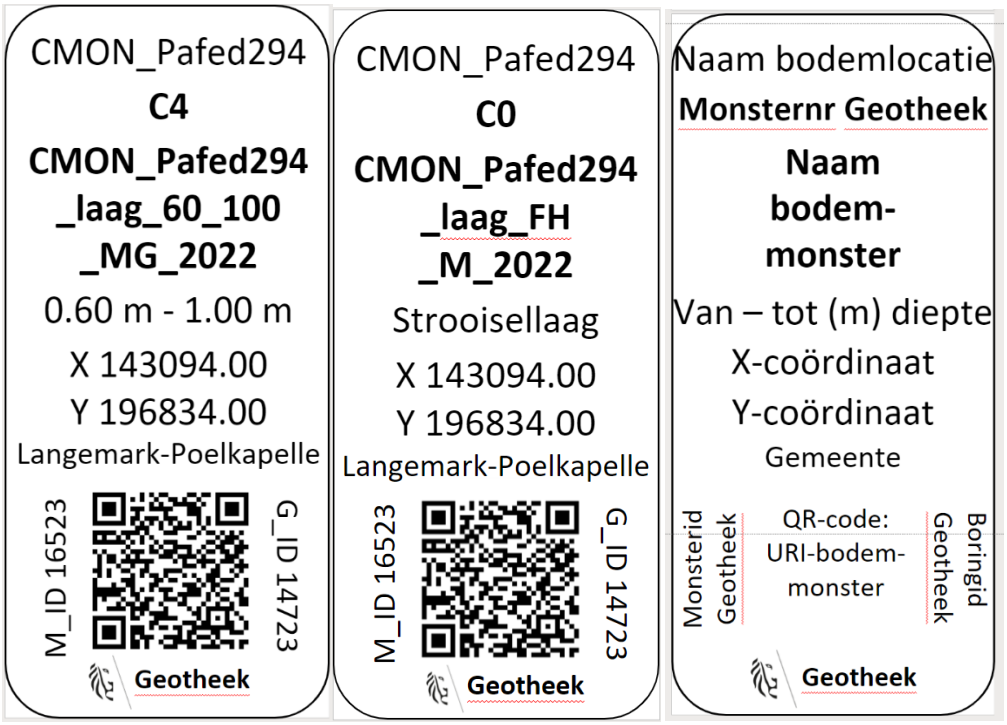
7 OPSLAG VAN STALEN IN DE GEOTHEEK

Een deel van elk staal gaat naar de Geotheek Vlaanderen voor langdurige bewaring en uitbesteding aan derden; stalen voor kwaliteitscontroles (heranalyses) worden bijgehouden in de ILVO en INBO laboratoria, maar niet uitbesteed aan externen.

Algemene afspraken zijn gemaakt met de Geotheek voor de aanlevering van de Cmon bodemstalen. VPO werkte een plan van aanpak uit voor het doorstromingsproces naar de Geotheek van de stalen zelf en de informatie over de stalen (o.a. uitwisseling van de id's en permanente url's van de stalen tussen de Geotheek, DOV en INBO en ILVO). Hierbij werden aanpassingen gedaan aan de keuzelijsten van de geotheek (toevoegen van keuzemogelijkheden met betrekking tot bodemstalen) en werden geotheek id's voorbehouden voor Cmon stalen:

- Id van de bodemlocatie van de boring in de geotheek:
    - Range id bodemlocaties afkomstig van ILVO stalen: G_ID = 5000 – 6999
    - Range id bodemlocaties afkomstig van INBO stalen: G_ID = 7000 – 8999
- Id van het bodemmonster in de geotheek:
    - Range id van bodemmonsters afkomstig van ILVO: M_ID => 20000 - 29999 voor ILVO
    - Range id van bodemmonsters afkomstig van INBO: M_ID => 30000 - 39999 voor INBO
- Monsternummer in de geotheek: opeenvolgend monsternummer per bodemlocatie.
    - Bodemstalen uit het Cmon project: Cx met 'x' een volgnummer binnen de bodemlocatie, genummerd van boven naar onder, van 1 naar hogere waarde. Strooisellagen worden aangeduid met C0.
    - C0 = voor strooisellaag/viltlaag
    - C1 = _laag_0_10_MG_2022
    - C2 = _laag_10_30_MG_2022
    - C3 = _laag_30_60_MG_2022
    - C4 = _laag_60_100_MG_2022

De etiketten (Figuur 3) werden verder geoptimaliseerd:



Figuur 3: Voorbeelden van de labels voor de bodemstalen in de Geotheek, ingevuld met demo-data. Links: voorbeeld van een mengmonster genomen op een specifiek diepteinterval. Midden: een voorbeeld van een monster genomen in de strooisel- of viltlaag. Rechts: template met een omschrijving van de vermelde informatie.

Door de hoge werklast horend bij het importeren van Cmon-data in de DOV-bodemdatabank en de eerste dataverwerking van de Cmon-data, werd de aanlevering van de stalen aan de geotheek opgeschoven naar het najaar 2023. Het plan van aanpak voor de Geotheek zal daarbij verder worden geoptimaliseerd zodat de stalen zo efficiënt mogelijk kunnen aangeleverd worden aan de Geotheek. In afwachting tot aanlevering aan de geotheek worden momenteel de geotheek stalen opgeslagen bij ILVO en INBO.

Deliverable 8: Aanlevering stalen werkjaar 1 aan Geotheek (15/12/2022)

- ⇨ Door de hoge werklast voor het importeren van Cmon-data in de DOV-bodemdatabank en de eerste dataverwerking van de Cmon-data, werd de eerste aanlevering van de stalen aan de geotheek opgeschoven naar het najaar 2023.

Deliverable 9: Aanlevering stalen werkjaar 2 aan Geotheek (31/07/2023)

- ⇨ Idem als voor Deliverable 8.

8 UITWERKEN PROTOCOL SCHADUWMEETNET

Deliverable 10: Uitgewerkt protocol voor de uitrol en interpretatie van het Cmon schaduwmeetnet (tegen 15/10/2022).

Deze deliverable werd niet gehaald, maar wordt wel opgenomen in het werkplan 2023-2024 om uitgerold te worden ten laatste op 15/10/2023. Het protocol zal zich baseren op de statistische informatie van de primaire dataset van de 196 proefvlakken besproken in dit rapport. Zo zal de steekproefgrootte van de schaduwplots binnen elk landgebruik herberekend worden op basis van de reeds vastgestelde varianties binnen elk landgebruik (zie verder). Ook dient herbekeken of een verdere stratificatie binnen ruimtebeslag (bermen, parken , …) zinvol en haalbaar is om via een schaduwmeetnet op te volgen. De verdere planning voor het schaduwmeetnet staat uitgeschreven in het werkplan 2023-2024.

Mijlpaal 18. 14 QA/QC plots worden bemonsterd voor het einde van 2022 (schaduwmeetnet, 15/12/2022).

Deze mijlpaal werd dus ook niet gehaald, maar wordt in het werkplan 2023-2024 opnieuw opgenomen. Er dienen tegen het einde van het derde werkjaar een 40 tal schaduwproefvlakken bemonsterd te worden om conform de lange termijndoelen van het Cmon meetnet te werken.

9 DATAVERWERKING, INTERPRETATIE, RAPPORTERING EN PUBLICATIE

Alle dataverwerking, interpretatie, rapportering en publicatie vertrekt normaal gezien vanuit de data in de DOV-bodemdatabank. Vermits de data van INBO nog niet doorgestroomd zijn naar DOV, werd de huidige rapportage uitzonderlijk gebaseerd op een export uit de DOV-bodemdatabank voor de ILVO data en een export van de belangrijkste parameters vanuit de databanken van INBO voor de INBO data. Hierdoor konden nog niet alle parameters uit de DOV-bodemdatabank gebruikt worden in onderstaande rapportage zoals bijkomende waarnemingen op het terrein.

De berekeningen werden uitgevoerd door middel van python en R scripts. Deze scripts werden gedocumenteerd op een private Github repository van DOV waar de onderzoekers van het Cmon consortium samen werken aan de scripts van de dataverwerking. De relevante scripts zullen in de toekomst onder een open-source licentie publiek beschikbaar gesteld worden op Github.

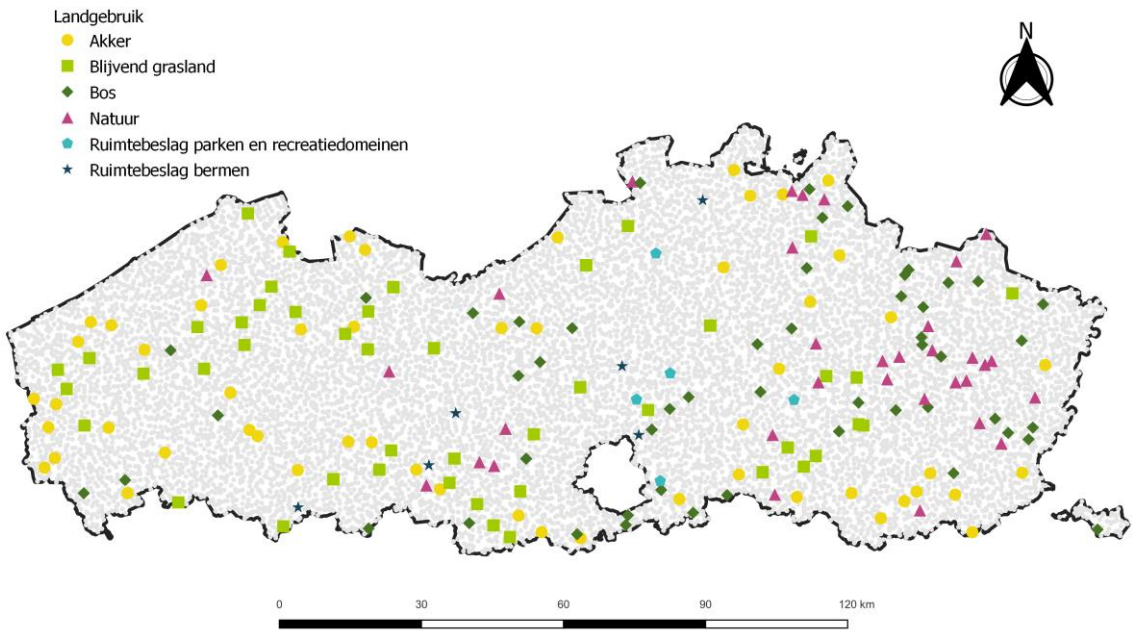
Voor elke plot berekenden VPO, INBO en ILVO de organische C en totale N voorraden volgens de IPCC standaard dieptes (0-30 en 0-100 cm), op basis van concentraties en bulkdensiteit van de fijne fractie (<2 mm). Deze laatste is gebaseerd op de totale bulkdensiteit en eventuele correcties voor materiaal groter dan 1 cm. Waar de data beschikbaar waren, werden de stocks in de strooisellagen/viltlagen berekend.

9.1 EERSTE RESULTATEN

9.1.1 Algemeen

De rapportage van de eerste resultaten van het Cmon netwerk in dit jaarrapport is gebaseerd op 196 bemonsterde Cmon proefvlakken waarbij 830 geroerde minerale monsters (783 geroerde bodemmonsters en 47 strooiselstalen) werden geanalyseerd en 3079 ongeroerde monsters. Van alle monsters waren er 3822 mineraal, 40 organo-mineraal en 47 zuiver organisch (strooisellagen).

Figuur 4 geeft de locatie weer per landgebruik van deze 196 Cmon proefvlakken. Per landgebruik zijn dit de Cmon punten met de laagste GRTS ranking waarbij een random verdeling van de proefvlakken over Vlaanderen bekomen wordt.



Figuur 4: Locatie van de 196 bemonsterde en geanalyseerde Cmon proefvlakken die verwerkt zijn in de resultaten van dit Cmon jaarrapport.

Vermits nog maar 196 Cmon plots opgenomen zijn in deze dataverwerking met tussen de 5 en de 55 plots per landgebruik (zie Tabel 11), werden maar een beperkt aantal statistische analyses uitgevoerd. Uitgebreidere statistische testen zullen opgenomen worden in het jaarrapport van het werkjaar 2023-2024.

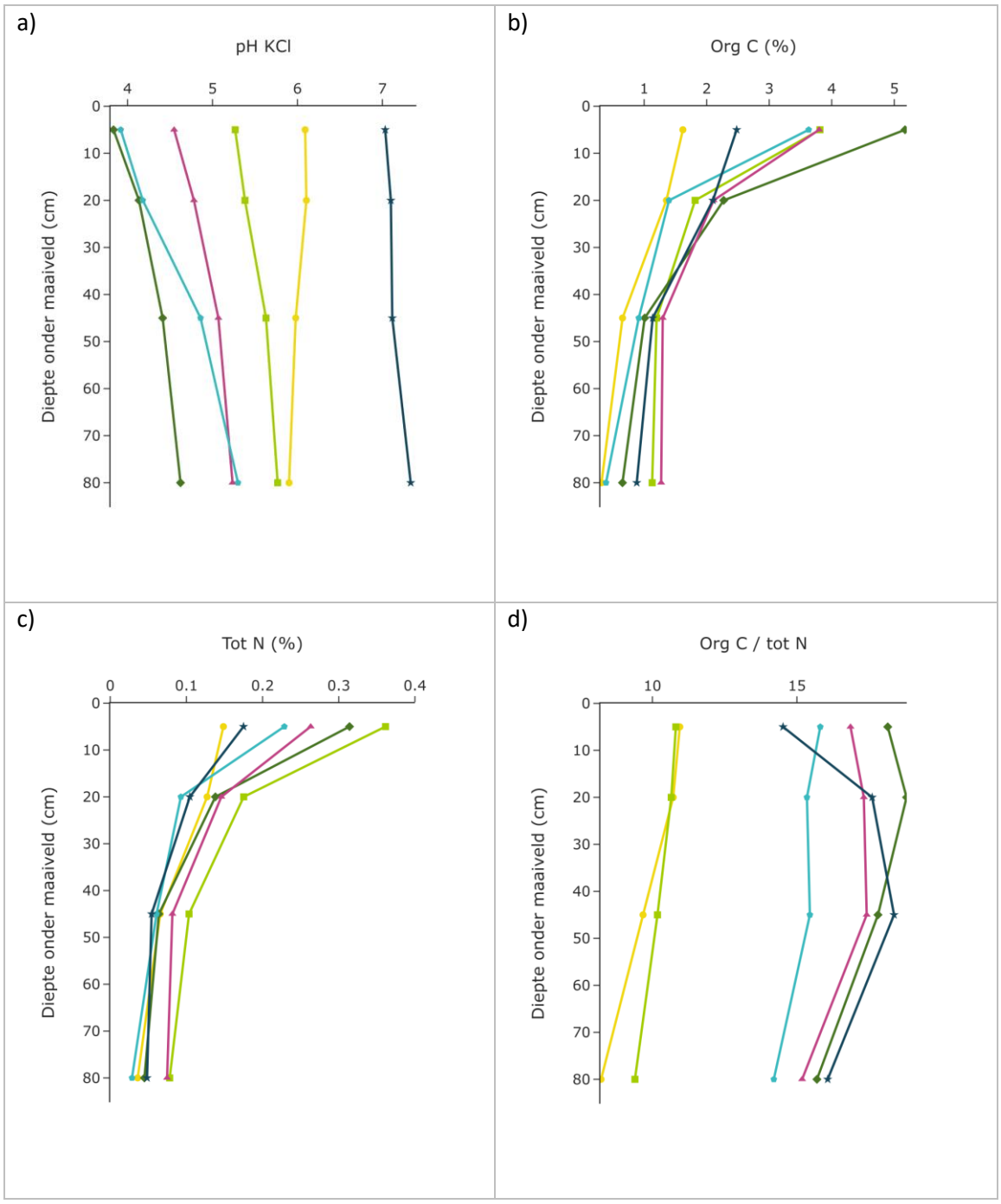
////////////

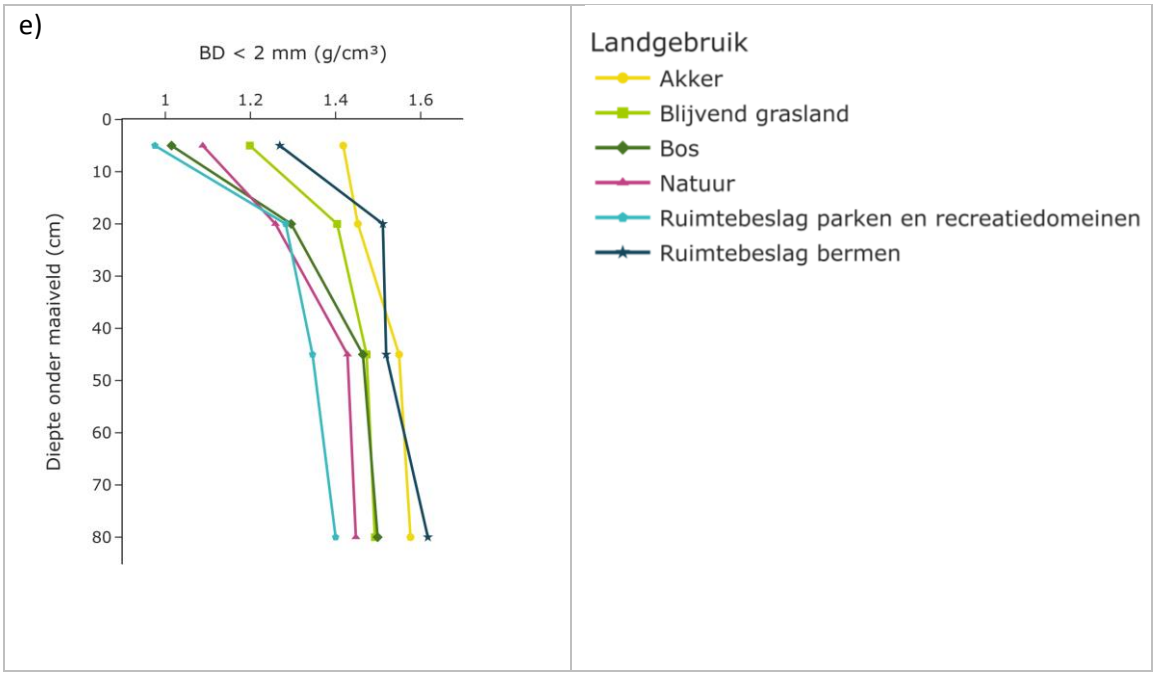
Tabel 11: Gemeten basisparameters per landgebruikscategorie en bodemlaag (gemiddelde ± standaarddeviatie).

		Aantal	pH KCl	Org C (%)	Tot N (%)	Org C / tot N	BD < 2 mm (g/cm^3)	Org C voorraad (t/ha)	Tot N voorraad (t/ha)
Akker	0-10 cm	55	6.1 ± 0.8	1.62 ± 0.63	0.149 ± 0.052	11 ± 2	1.418 ± 0.100	22.5 ± 7.2	2.08 ± 0.61
	10-30 cm	55	6.1 ± 0.9	1.36 ± 0.44	0.127 ± 0.035	11 ± 2	1.452 ± 0.100	38.9 ± 10.8	3.66 ± 0.86
	30-60 cm	55	6.0 ± 0.9	0.65 ± 0.48	0.066 ± 0.033	10 ± 4	1.549 ± 0.097	29.6 ± 19.8	2.99 ± 1.29
	60-100 cm	55	5.9 ± 1.2	0.32 ± 0.34	0.036 ± 0.026	8 ± 5	1.576 ± 0.081	19.4 ± 19.4	2.22 ± 1.46
Blijvend grasland	0-10 cm	46	5.3 ± 0.7	3.81 ± 1.49	0.361 ± 0.157	11 ± 1	1.199 ± 0.181	43.4 ± 11.4	4.09 ± 1.22
	10-30 cm	46	5.4 ± 0.9	1.82 ± 0.85	0.175 ± 0.093	11 ± 2	1.404 ± 0.141	49.1 ± 18.2	4.71 ± 1.97
	30-60 cm	46	5.6 ± 1.1	1.20 ± 2.73	0.103 ± 0.160	10 ± 3	1.473 ± 0.186	39.8 ± 37.5	3.77 ± 2.38
	60-100 cm	46	5.8 ± 1.3	1.13 ± 4.87	0.078 ± 0.234	9 ± 4	1.492 ± 0.237	30.5 ± 53.1	2.82 ± 2.73
Bos	Strooisell	38		33.64 ± 9.88	1.462 ± 0.469	23 ± 4		14.7 ± 14.3	0.63 ± 0.64
	0-10 cm	51	3.8 ± 1.2	5.17 ± 4.32	0.314 ± 0.306	18 ± 5	1.015 ± 0.247	44.1 ± 17.7	2.62 ± 1.18
	10-30 cm	51	4.1 ± 1.0	2.27 ± 2.33	0.138 ± 0.160	19 ± 7	1.296 ± 0.256	48.6 ± 29.4	2.89 ± 1.91
	30-60 cm	51	4.4 ± 1.0	1.01 ± 0.89	0.064 ± 0.061	18 ± 7	1.464 ± 0.167	41.8 ± 30.4	2.61 ± 2.04
	60-100 cm	50	4.6 ± 1.1	0.65 ± 1.23	0.045 ± 0.087	16 ± 8	1.499 ± 0.164	34.1 ± 54.9	2.34 ± 3.94
Natuur	Strooisell	6		33.62 ± 10.48	1.560 ± 0.246	21 ± 6		5.1 ± 4.4	0.23 ± 0.14
	0-10 cm	33	4.5 ± 1.4	3.80 ± 2.44	0.263 ± 0.214	17 ± 5	1.088 ± 0.272	35.8 ± 13.5	2.36 ± 1.15
	10-30 cm	33	4.8 ± 1.3	2.11 ± 1.64	0.146 ± 0.131	17 ± 7	1.259 ± 0.227	47.7 ± 26.6	3.17 ± 2.07
	30-60 cm	33	5.1 ± 1.3	1.30 ± 2.00	0.082 ± 0.105	17 ± 7	1.428 ± 0.249	45.3 ± 48.5	2.82 ± 2.56
	60-100 cm	33	5.2 ± 1.4	1.27 ± 3.28	0.075 ± 0.172	15 ± 7	1.448 ± 0.267	42.3 ± 74.7	2.64 ± 4.17
Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen	Strooisell	3		21.38 ± 8.25	1.023 ± 0.329	21 ± 2		3.0 ± 1.2	0.15 ± 0.07
	0-10 cm	5	3.9 ± 1.0	3.63 ± 1.39	0.229 ± 0.056	16 ± 4	0.976 ± 0.145	33.7 ± 6.6	2.18 ± 0.47
	10-30 cm	5	4.2 ± 1.2	1.40 ± 0.48	0.093 ± 0.026	15 ± 5	1.283 ± 0.084	35.4 ± 10.4	2.39 ± 0.75
	30-60 cm	5	4.9 ± 1.1	0.91 ± 0.33	0.061 ± 0.021	15 ± 6	1.346 ± 0.168	36.0 ± 12.4	2.44 ± 0.86
	60-100 cm	5	5.3 ± 1.3	0.39 ± 0.19	0.029 ± 0.012	14 ± 7	1.400 ± 0.187	20.7 ± 7.6	1.55 ± 0.57
Ruimtebeslag bermen	0-10 cm	6	7.0 ± 1.0	2.48 ± 1.45	0.175 ± 0.087	15 ± 4	1.269 ± 0.208	29.3 ± 10.9	2.12 ± 0.88
	10-30 cm	6	7.1 ± 1.0	2.10 ± 2.20	0.104 ± 0.063	18 ± 6	1.511 ± 0.213	56.7 ± 46.6	2.98 ± 1.30
	30-60 cm	6	7.1 ± 0.8	1.14 ± 0.95	0.054 ± 0.026	18 ± 7	1.519 ± 0.193	47.4 ± 32.3	2.37 ± 0.87
	60-100 cm	6	7.3 ± 0.7	0.88 ± 0.76	0.048 ± 0.027	16 ± 7	1.617 ± 0.062	52.2 ± 44.9	2.91 ± 1.56

9.1.2 Gemeten basisparameters per landgebruik en diepte-interval

Tabel 11 geeft een overzicht van de gemeten basisparameters. Voor de duidelijkheid werden de afzonderlijke resultaten ook nog eens in dieptegrafieken weergegeven (Figuur 5).





Figuur 5: Dieptegrafieken van het gemiddelde van de gemeten basisparameters per landgebruik: a) pH-KCl, b) percentage organische koolstof, c) percentage totale N, d) ratio van organische C op totale N en e) bulkdensiteit bodem < 2 mm t.o.v. van het totale volume bodem.

Door problemen met het toestel voor laserdiffractie (ondertussen opgelost) kunnen nog geen resultaten voor de textuurfracties worden gerapporteerd (zie Hoofdstuk 4.3).

Figuur 5a toont als algemene trend dat de pH KCl het hoogst is in bermen, gevolgd door akkerland en blijvend grasland. Bos, ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen en natuur hebben de laagste pH KCl. Algemeen gezien neemt de pH KCl toe bij toenemende diepte, behalve in akkers waar de pH KCl lichtjes daalt met de diepte. Dit kan wellicht verklaard worden door het feit dat akkerland regelmatig bekalkt wordt. In de diepste bodemlagen is de pH KCl van akkers en blijvende graslanden gelijkaardig.

Deze resultaten dienen samen bekeken te worden met het percentage stalen waarin anorganische koolstof (vrij $CaCO_3$) bepaald kon worden (Tabel 12). Het percentage stalen waarbij de anorganische C (TIC) kleiner dan of gelijk is aan de bepalingsgrens, varieert over de verschillende landgebruiken en bodemlagen tussen 0 en 83 %. Ruimtebeslag bermen, met weliswaar slechts 6 stalen per diepte-interval, heeft een duidelijk hoger percentage stalen waarbij er anorganische koolstof aanwezig is dan de andere landgebruiken.

Tabel 12: Totaal aantal stalen per diepte-interval voor elk landgebruik en percentage van deze stalen waarbij de anorganische C (TIC) hoger dan of gelijk is aan de bepalingsgrens (LOQ).

	Aantal stalen	Percentage stalen waarbij TIC > LOQ			
		0-10 cm	10-30 cm	30-60 cm	60-100 cm
Akker	55	24	20	16	18
Blijvend grasland	46	7	13	24	22
Bos	51	6	6	8	12
Natuur	33	18	18	18	18
Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen	5	0	0	0	40
Ruimtebeslag bermen	6	83	83	67	83

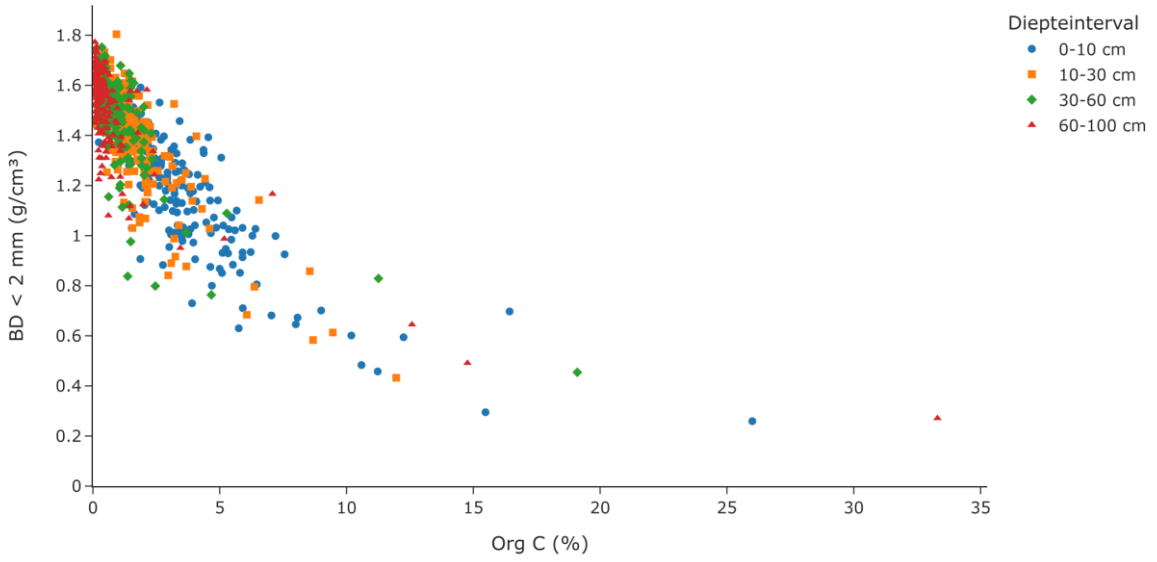
Wat betreft het gemiddelde percentage organische koolstof, kan voor alle landgebruiken vastgesteld worden dat de bovenste laag de hoogste waarde heeft en de waarden dalen met de diepte (Figuur 5b). In de bovenste bodemlaag 0-10 cm is de gemiddelde organische C (%) het hoogst in bossen en vergelijkbaar tussen natuur, blijvend grasland en ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen en duidelijk het laagst in akker. In de diepere bodemlagen daarentegen wordt het verschil tussen de landgebruiken kleiner. Uit Tabel 11 kan ook afgeleid worden dat er op de gemiddelden van alle landgebruiken een grote spreiding zit.

Het totale N-percentage vertoont een zeer grote spreiding (Tabel 11) en is gemiddeld het hoogst in blijvend grasland, maar de verschillen tussen de verschillende landgebruiken zijn eerder klein (strooisellagen uitgezonderd) (Figuur 5c).

Op basis van Corg en Ntot kan de Corg/Ntot bepaald worden. Akkers en blijvend grasland hebben een duidelijk lagere gemiddelde Corg/totN verhouding dan de andere landgebruiken (Tabel 11). Deze verhouding daalt voor alle landgebruiken met de diepte behalve bij de bermen (Figuur 5d).

9.1.3 Bulkdensiteit fijn aarde < 2 mm vs. totaal volume

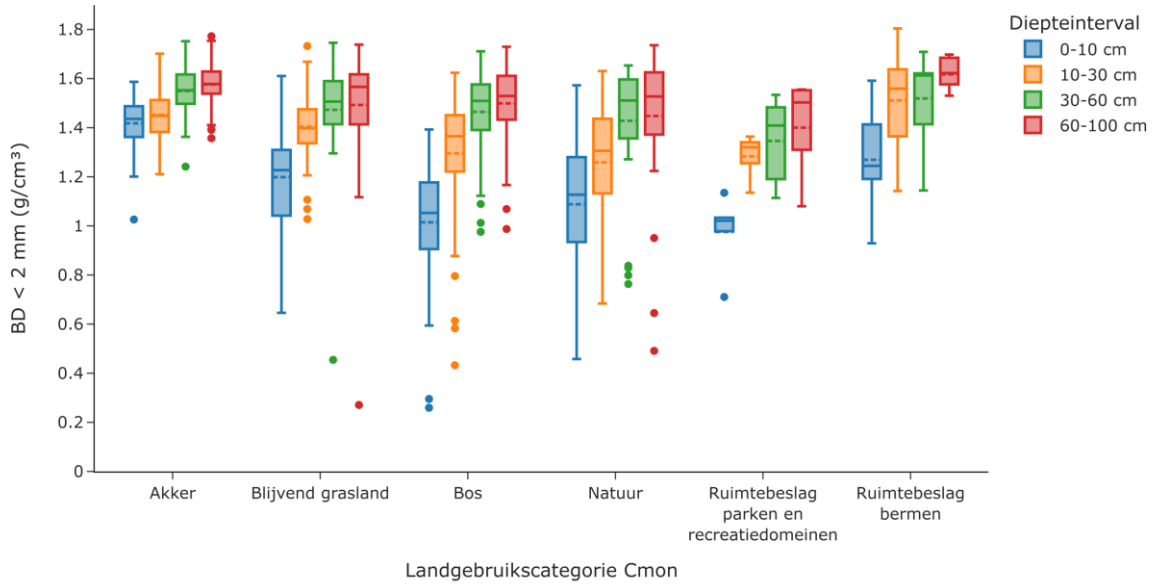
De gemiddelde bulkdensiteit (BD) varieert sterk tussen de landgebruiken en de verschillende bodemlagen (Figuur 5e). De bulkdensiteit van de fijne aarde (<2mm) neemt duidelijk toe met de diepte zoals bij normale bodemcondities steeds het geval is. Akkerland en ruimtebeslag bermen hebben daarbij de hoogste bulkdensiteiten. De lage waarden in bos- en natuurgebieden (Figuur 5e) zijn bijna steeds te verklaren door een hoog gehalte aan organische koolstof, zoals duidelijk te zien is in Figuur 6. In organo-minerale stalen, met een koolstofgehalte tussen de 10-20 % C, is de bulkdensiteit doorgaans lager dan 0.6 g/cm^3. Het soortelijk gewicht van organisch materiaal is immers een factor 10 kleiner dan dat van minerale bodemdeeltjes (2,.65 g/cm^3). Deze lage bulkdensiteitswaarden komen dan ook vooral voor in organisch rijke Ah horizonten (0-10 cm laag) en hier en daar in veenlagen op grotere diepte.



Figuur 6: Bulkdensiteit fijne aarde (< 2 mm) vs. totaal volume ten opzichte van het organische C percentage

Niet alleen varieert de gemiddelde bulkdensiteit (BD) sterk tussen de landgebruiken en de verschillende bodemlagen, maar ook binnen een specifieke bodemlaag van een landgebruik treedt er een grote variatie op (Figuur 7). De 2 extreem lage bulkdensiteiten in de 30-60 en 60-100 cm bodemlaag in blijvend grasland zijn te wijten aan de aanwezigheid van houtskool in deze bodemlagen. Ook voor bos werden er zowel voor de laag 0-10 als de laag 10-30 een paar heel lage waarden vastgesteld. In natuur komen zowel in de laag 0-10 cm als de 60-100 cm lage waarden voor.

Wanneer de data van de textuurfracties beschikbaar komen, zullen de verschillen in bulkdensiteit verder onderzocht worden en zullen wellicht zelfs pedotransferfunctie gekalibreerd kunnen worden.



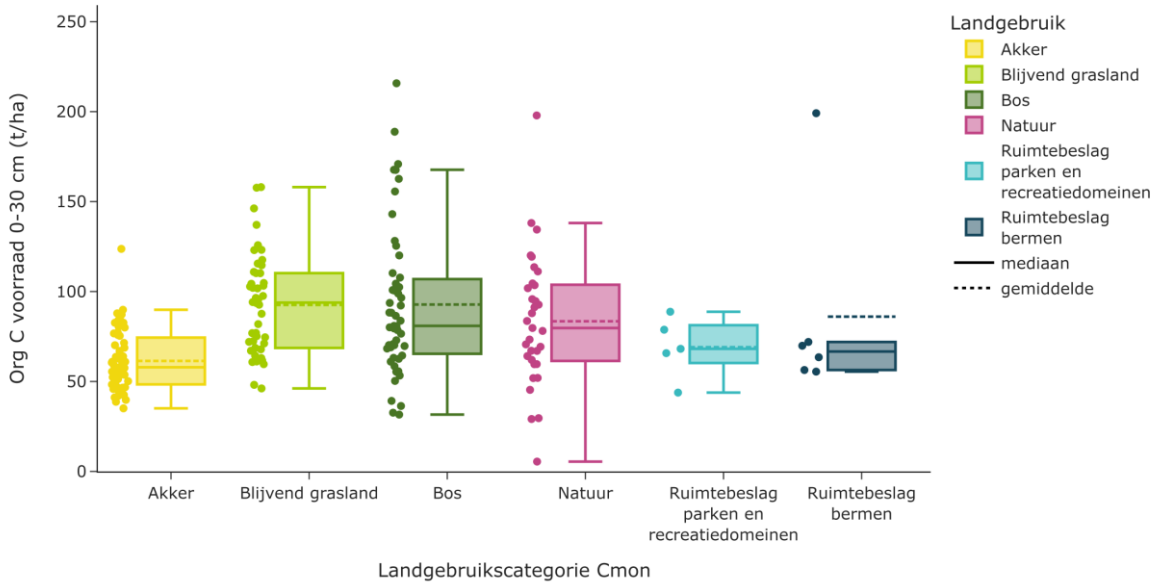
Figuur 7: Boxplots van de bulkdensiteit fijne aarde (< 2 mm) vs. totaalvolume voor de verschillende landgebruiken en diepte-intervallen (de volle lijn stelt de mediaan voor en de stippellijn het gemiddelde).

9.1.4 Organische C en totale N stocks in de bodemlagen 0-30 en 0-100 cm

De gemiddelde organische C voorraad in de 0-30 cm bodemlaag (Tabel 13) is vergelijkbaar tussen blijvend grasland, bos, natuur en ruimtebeslag bermen. In deze laatste categorie zorgt één extreme waarde voor een gemiddelde dat hoger ligt dan het derde kwartiel (Figuur 8). In de 0-10 cm en 10-30 cm bodemlaag voor deze plot werd in bijna alle steken van het mengmonster antropogeen materiaal aangetroffen. De gemiddelde organische C voorraad in de 0-30 cm van ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen is iets lager. Akkerland heeft de laagste gemiddelde organische C voorraad in de 0-30 cm bodemlaag.

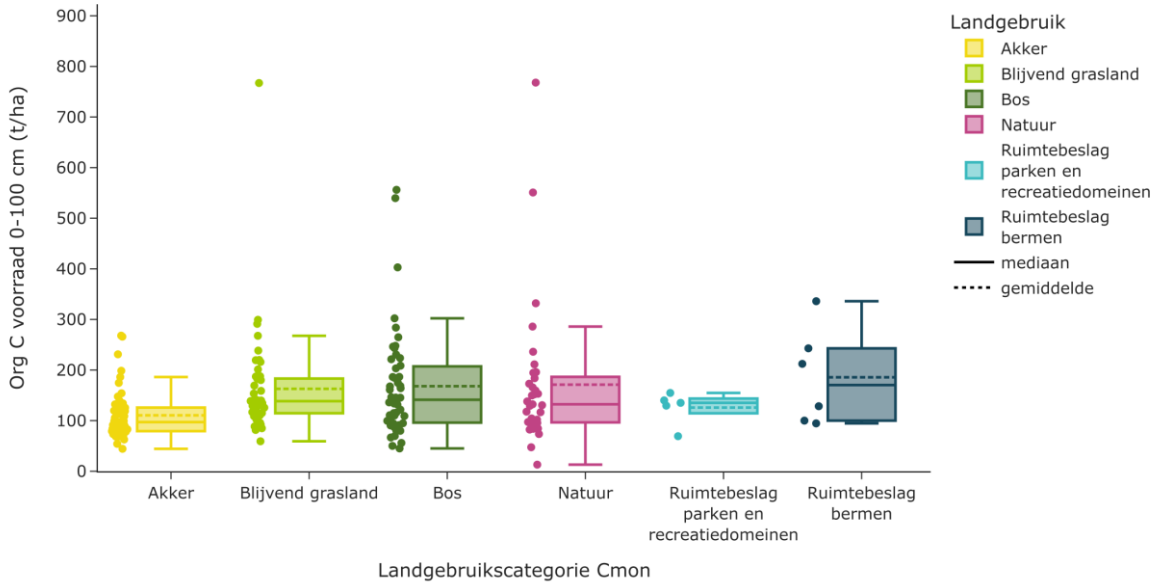
Tabel 13: Organische C voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag en 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon landgebruikscategorieën.

		Org C voorraad (t/ha)								
		Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var(%)	Skewness	Kurtosis
Akker	**0 - 30 cm**	55	35,1	123,7	57,9	61,4	17,0	27,7	1,0	1,8
	0 - 100 cm	55	44,3	267,9	97,1	110,4	47,3	42,9	1,7	3,4
Blijvend grasland	**0 - 30 cm**	46	46,1	158,0	93,9	92,6	27,8	30,1	0,5	-0,3
	0 - 100 cm	46	59,2	767,2	138,5	162,9	106,2	65,2	4,3	23,7
Bos	**0 - 30 cm**	51	31,6	215,8	80,9	92,8	41,5	44,7	1,1	0,8
	0 - 100 cm	51	45,1	556,2	141,3	168,0	106,0	63,1	2,0	5,2
Natuur	**0 - 30 cm**	33	5,5	197,9	79,7	83,5	36,7	43,9	0,7	2,0
	0 - 100 cm	33	13,0	768,0	132,3	171,1	144,2	84,3	2,9	9,8
Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen	**0 - 30 cm**	5	43,8	88,8	68,2	69,1	16,8	24,4	-0,7	0,8
	0 - 100 cm	5	69,3	154,8	135,2	125,8	32,9	26,2	-1,8	3,6
Ruimtebeslag bermen	**0 - 30 cm**	6	55,5	199,1	66,7	86,0	55,8	64,9	2,4	5,7
	0 - 100 cm	6	94,6	336,0	170,3	185,7	95,4	51,4	0,7	-0,7



Figuur 8: Organische C voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon landgebruikscategorieën

De gemiddelde organische C voorraden in de 0-100 cm vertonen een gelijkaardig patroon als in de 0-30 cm bodemlaag met uitzondering van de bermen die de hoogste organische C voorraden hebben (Tabel 13). Blijvend grasland, bos en natuur hebben gelijkaardige gemiddelde organische C voorraden. De voorraden in ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen zijn lager en de laagste voorraden werden gemeten voor akkerland.



Figuur 9: Organische C voorraden voor de 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon landgebruikscategorieën

In vergelijking met de organische C-voorraden van de individuele plots van de 0-30 cm laag (Figuur 8) kan vastgesteld worden dat de organische C voorraden van de individuele plots van de 0-100 cm laag meer extreme uitschieters bevatten (Figuur 9) . Deze extreme uitschieters komen voor in blijvend grasland, bos en natuur.

In grasland heeft plot CMON_P770e2eb een voorraad van 767,2 t C/ha. Deze plot is gelegen in de Middellandpolders waarbij respectievelijk in 14% en 57% van de steken houtskool werd aangetroffen in de 30-60 en 60-100 cm bodemlaag. Dit resulteerde voor deze bodemlagen in zeer hoge organische C percentages (19,1 en 33%), zeer lage bulkdensiteiten van de fijne fractie (0,454 en 0,271 g cm^{-3}) en extreme gravimetrische vochtgehaltes (188 en 330%). In 5 andere plots van blijvend grasland kwam ook houtskool voor in 6 tot 14% van de steken van het mengmonster voor één specifieke bodemlaag per plot, maar dit leidde niet tot extreem hoge organische C percentages, extreem lage bulkdensiteiten of extreem hoge gravimetrische vochtgehaltes. Een verschil met de extreem hoge CMON_P770e2eb plot was wel dat het houtskool in deze extreme plot onder de watertafel lag terwijl in de bodemlagen met aanwezigheid van houtskool in de andere plots geen watertafel voorkwam.

In bos zijn er 2 extreme uitschieters voor de C voorraden. Zo heeft plot CMON_P7187579 in de Vlassenbroekse polder een C voorraad van 557 t C/ha, vooral te wijten aan de hoge concentratie (7.11 %) in de 60-100 cm laag die op zichzelf reeds 330 t C/ha koolstof bevat. Er werd echter geen veen of houtskool vastgesteld, wel een hoog kleigehalte. Ook de bovenste bodemlagen hebben hoge C concentraties, respectievelijk 5,6% en 4,2 %. Het betreft een (recent gekapt) populierenbos op alluviale bodem, dat momenteel ruigte is. Het bosplot CMON_P4bb2950 heeft een totale C voorraad van 539 t C/ha en de bovenste bodemlagen zijn zeer rijk aan organisch materiaal (10,2 en 6,4 % C voor 0-10 en 10-30 cm respectievelijk en een lage bulkdensiteit: 0,60 en 0,79 g/cm^3) waardoor de 0-30 cm voorraad reeds 163 t C/ha bedraagt. Er werd bij de staalname heel wat gestort groenafval vastgesteld wat mogelijks de sterk organische aanrijking kan verklaren. Ook de >2 mm zeefrest bestond hoofdzakelijk uit grof, vezelig organisch materiaal.

Daarnaast zijn er in bos 2 zwakke uitschieters. Proefvlak CMON_Pb964802 is relatief hoog met 403 t C/ha, waarvan 171 t C/ha in de bovenste 30 cm. Deze 0-30 cm laag is venig (TOC 26 en 12% met lage BD: 0.,26 en 0,43 g/cm^3) maar ook de diepere bodemlagen bevatten relatief veel organische C. Dit betreft een zeer nat Elzenbroekbos met riet. De 2de zwakke uitschieter in bos is proefvlak CMON_P5754cd43 met 300 t C/ha gelegen aan de Grote Nete – nat /in militair domein. Ook hier is vooral de 0-30 cm organische C voorraad hoog (189 t C/ha) met daarbij een hoge organische C concentratie (12,3 en 9,5 % C en lage BD (< 0.61 g/cm^3). De hoge voorraden zijn te wijten aan hydromorfe condities.

In 10 bosplots, nl. CMON_P87df992, CMON_P69503a2, CMON_P6bf0fc7, CMON_Pae922e8, CMON_Pa68ea6c, CMON_P9295b59, CMON_Pbaa23d7, CMON_Pbe5ba69, CMON_Pbf3e00b en CMON_Pc3ab426 komt houtskool voor, zowel in de oppervlakkige als de diepere lagen. Deze lagen bevonden zich allen boven de watertafel. Het koolstofpercentage neemt hierdoor echter niet noemenswaardig toe. Ook de stocks zijn daardoor niet sterk verhoogd. Enkel CMON_P9295b59 en CMON_Pbe5ba69 hebben een voorraad boven de 200 t C/ha.

De bosplot CMON_P90c80d7 was de enige Cmon plot over alle landgebruiken heen waar bij terreinwaarnemingen veen werd gerapporteerd. Dit veen kwam voor in de 0-10 cm bodemlaag. Dit resulteerde in een organische C voorraad van 120,1 t/ha voor de 0-30 cm bodemlaag en 174,6 t/ha voor de 0-100 cm bodemlaag.

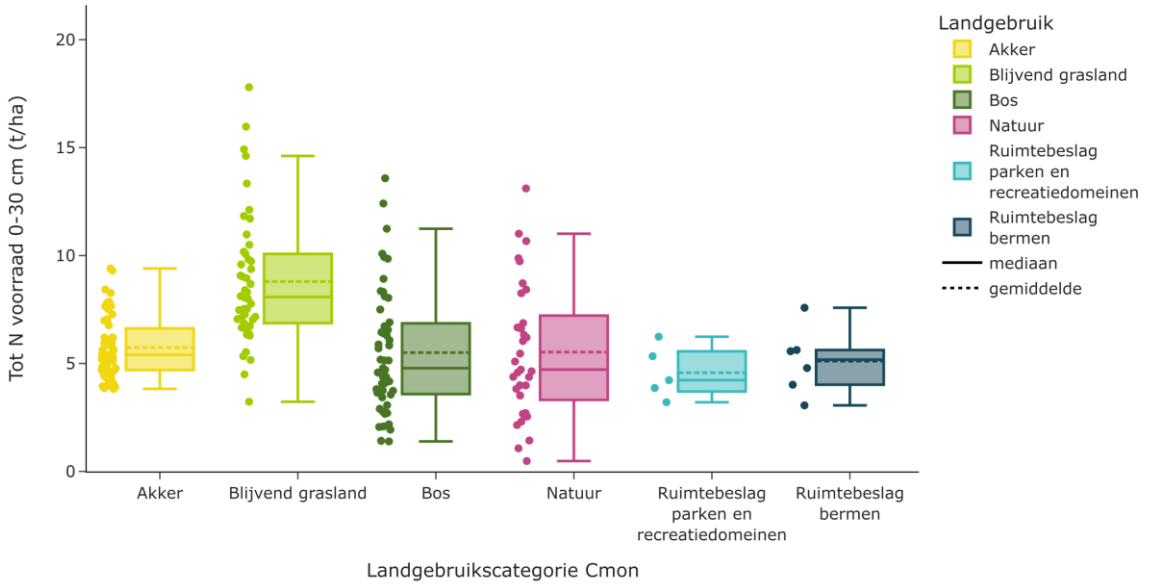
In natuur zijn er 2 extreme uitschieters. Het natuurplot CMON_P79c237d is een halfnatuurlijk grasland en heeft een bijzonder hoge C-voorraad van 768 t C/ha waarvan 198 t C/ha in de bovenste 30 cm. Alle lagen van het bodemprofiel hebben een hoge organische C-concentratie (8,6 -14,7 %) waarbij de lage bulkdensiteiten (0,48 – 0,85 g/cm^3) wijzen op organo-minerale bodems. In dit profiel zit een zeer grote voorraad (570 t C/ha) goed gesekwestreerd in de lagen tussen 30-100 cm. Ook het moerassige natuurplot CMON_P7b2e347C heeft een respectabele C stock van 551 t C/ha, waarvan het grootse deel gesekwestreerd zit in de laag 60-100 cm. Deze laag heeft een organisch C percentage van 12,6 % en een bulkdensiteit van 0,65 g/cm^3 wat organische bijmenging doet vermoeden.

In de natuurgebieden komt er houtskool voor in CMON_P68bf194, CMON_Pb0c3bcf en CMON_P94471b9, maar dit zorgt enkel in plot CMON_Pb0c3bcf voor een hogere C stock (285 t C/ha). Deze lagen lagen met houtskool bevonden zich allen boven de watertafel.

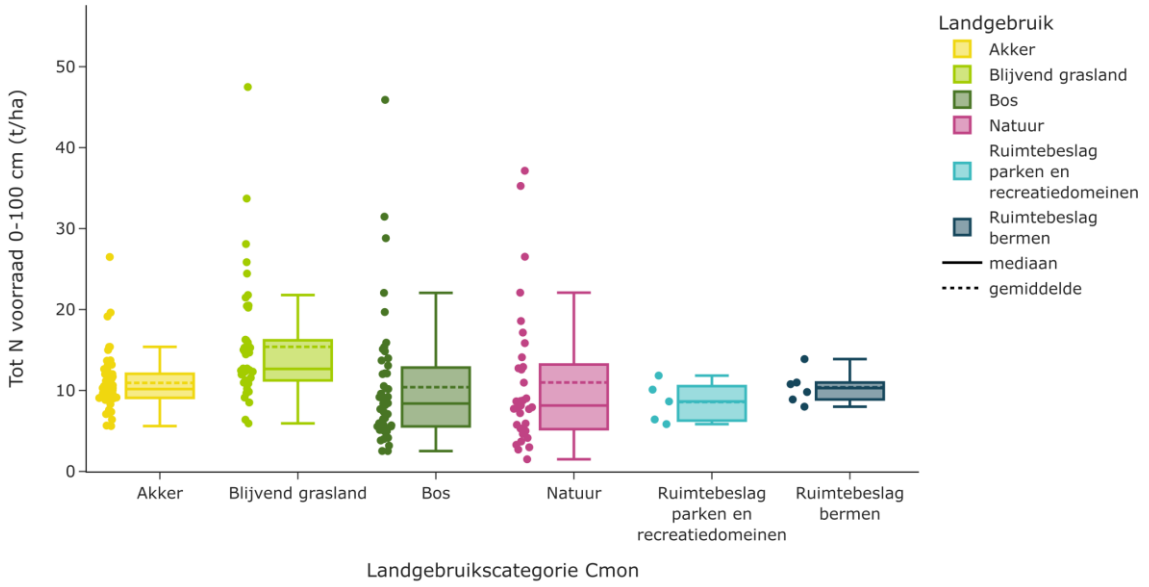
Naast de organische C-voorraden werden ook de totale N-voorraden in de lagen 0-30 cm en 0-100 cm bepaald. Uit Tabel 14 en Figuur 10 en Figuur 11 blijkt dat de totale N-voorraden voor alle landgebruiken min of meer vergelijkbaar zijn, uitgezonderd blijvend grasland dat duidelijk hogere voorraden vertoont in zowel de laag 0-30 cm als de laag 0-100 cm.

Tabel 14: Totale N voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag en 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon landgebruikscategorieën

		Totale N voorraad (t/ha)								
		Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var(%)	Skewness	Kurtosis
Akker	**0 - 30 cm**	55	3,8	9,4	5,4	5,7	1,4	24,7	0,8	0,0
	0 - 100 cm	55	5,6	26,5	10,2	10,9	3,5	32,3	2,0	6,6
Blijvend grasland	**0 - 30 cm**	46	3,2	17,8	8,1	8,8	3,0	34,3	1,0	1,2
	0 - 100 cm	46	5,9	47,5	12,7	15,4	7,4	47,8	2,4	7,6
Bos	**0 - 30 cm**	51	1,4	13,6	4,8	5,5	2,9	52,0	0,9	0,4
	0 - 100 cm	51	2,5	45,9	8,4	10,4	7,9	75,8	2,5	8,2
Natuur	**0 - 30 cm**	33	0,5	13,1	4,7	5,5	3,1	56,1	0,6	-0,2
	0 - 100 cm	33	1,5	37,1	8,1	11,0	8,7	78,9	1,7	2,9
Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen	**0 - 30 cm**	5	3,2	6,2	4,2	4,6	1,2	26,4	0,5	-1,1
	0 - 100 cm	5	5,8	11,8	8,6	8,6	2,5	29,2	0,2	-1,8
Ruimtebeslag bermen	**0 - 30 cm**	6	3,1	7,6	5,2	5,1	1,6	30,4	0,4	0,5
	0 - 100 cm	6	8,0	13,9	10,3	10,4	2,0	19,7	0,9	1,1



Figuur 10: Totale N voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon landgebruikscategorieën



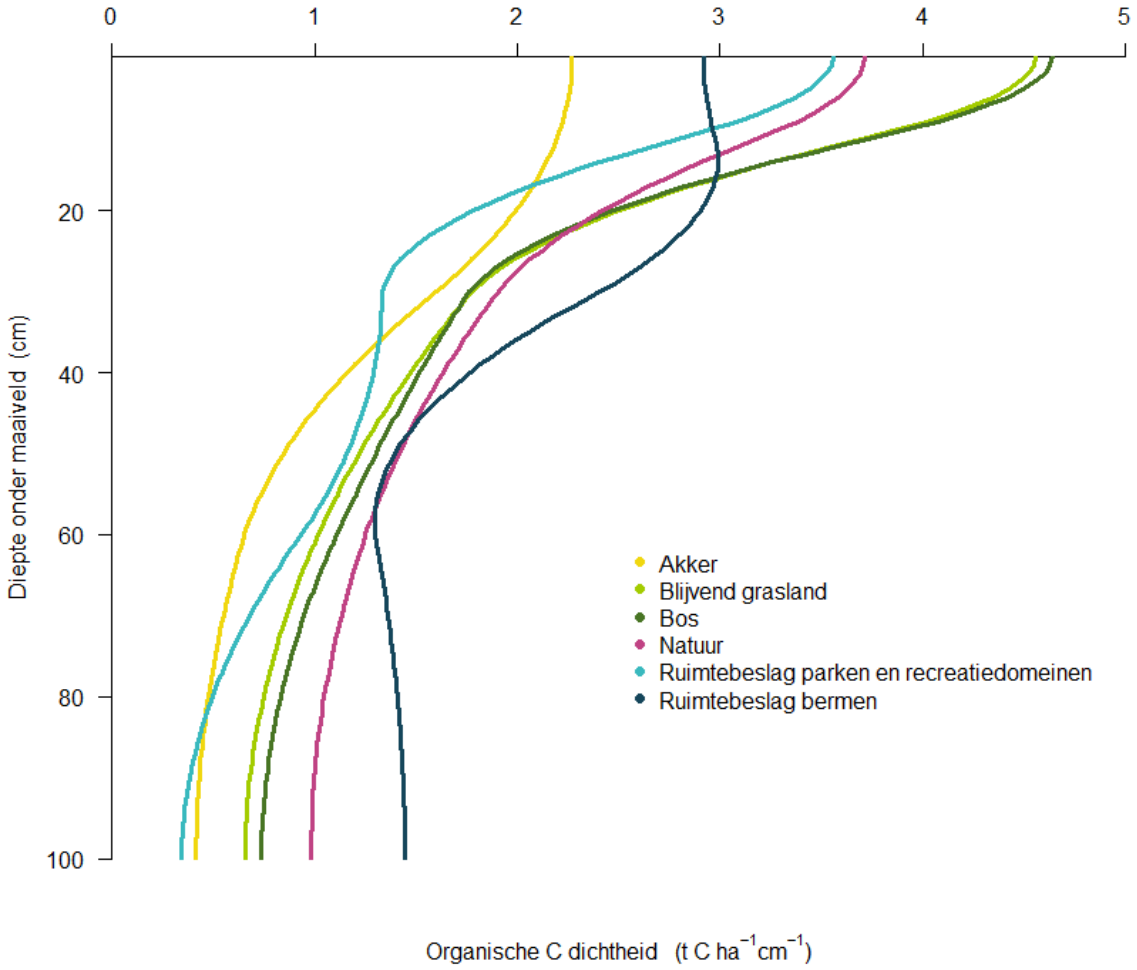
Figuur 11: Totale N voorraden voor de 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon landgebruikscategorieën

9.1.5 Mass-preservering splines

Op basis van mass-preserving splines kan de koolstofdichtheid, uitgedrukt in t C ha^{-1} cm^{-1} laagdikte, uitgezet worden in functie van de diepte. Dit maakt het verticale verdelingspatroon duidelijk van de bodemkoolstofvoorraden. Dit patroon is deels te verklaren door het bodemtype (bv. de humusaanrijkingshorizont – Bh in Podzolen) maar vooral door het landgebruik. Figuur 12

////////////

geeft de gemiddelde koolstofdichtheden aan van alle Cmon proefvlakken per landgebruik. Akkers hebben duidelijk de laagste koolstofdichtheid, vooral in de bouwvoor. Deze dichtheid varieert van 0,42 tot max. 2,27 t C ha^{-1} cm^{-1} en heeft een gemiddelde van slechts 1,12 t C ha^{-1} cm^{-1} (Tabel 15). Ook de dieper gelegen koolstofdichtheden zijn laag en vergelijkbaar met die in ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen. In deze laatste is echter de koolstofdichtheid merkelijk hoger in de opperbodem (tot 3,56 t C ha^{-1} cm^{-1}) wegens geen of beperkte bodembewerking. Het gemiddelde profiel in 6 bermen toont ook een beperkte C dichtheid in de opperbodem, maar wel een hogere C dichtheid in de diepere bodemlagen. Vaak zijn dit verstoorde bodemprofielen door graaf- en onderhoudswerken aan de bermen en of nabijgelegen waterlopen of wegen. De koolstofdichtheid diepteprofielen voor de afzonderlijke Cmon plots berekend op basis van mass preserving splines zijn ook zeer variabel. Hogere C voorraad in de diepte betekent doorgaans ook beter gesekwestreerde C voorraden.



Figuur 12: Verticale distributie van de gemiddelde organische C dichtheid per landgebruik op basis van mass-preserving splines.

Opmerkelijk is het zeer vergelijkbare gemiddelde verticale patroon tussen blijvende graslanden en bossen, zowel in de opperbodem als in de diepte, zoals ook reeds aangegeven door de vergelijkbare voorraden tot 30 en 100 cm. De C voorraad in strooisellagen van bossen is hier niet meegenomen. Voor (open) natuurgebieden is de gemiddelde C dichtheid in de opperbodem lager

dan in bos of blijvend grasland, maar is er wel een iets hogere C dichtheid in diepere lagen. Dit is vaak te wijten aan hydromorfe condities in natte natuurgebieden waar koolstof minder snel afbreekt.

Tabel 15: Basisstatistiek van gemiddelde organische C dichtheden (t C ha^{-1} cm^{-1}) per landgebruik op basis van mass-preserving splines

	Gemiddelde organische C dichtheden (t C ha^{-1} cm^{-1})								
	Aantal	Min	Max	Q1	Mediaan	Q3	Gemiddelde	Stdev	CV%
Akker	55	0,42	2,27	0,51	0,83	1,79	1,12	0,68	60,7
Blijvend grasland	46	0,66	4,55	0,80	1,21	2,00	1,66	1,15	69,3
Bos	51	0,74	4,64	0,88	1,29	1,97	1,71	1,13	66,1
Natuur	33	0,98	3,71	1,08	1,40	2,08	1,73	0,82	47,6
Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen	5	0,34	3,56	0,58	1,15	1,44	1,28	0,88	69,4
Ruimtebeslag bermen	6	1,30	2,99	1,39	1,45	2,67	1,91	0,66	34,9

De 0-30 cm bodemlaag omvatte gemiddeld 56-62% van de organische C voorraden van de 0-100 cm bodemlaag voor alle landgebruikscategorieën behalve ruimtebeslag bermen. Bij ruimtebeslag bermen was slechts 49% van de 0-100 cm voorraad aanwezig in de 0-30 cm voorraad. Voor de totale N voorraden werden gelijkaardige cijfers bekomen. Deze resultaten benadrukken het belang om bij de bepalen van organische C en totale N voorraden de gehele 0-100 cm bodemlaag in rekening te brengen.

Tabel 16: Ratio van de organische C stocks van de 0-30 cm bodemlaag ten opzichte van de 0-100 cm bodemlaag

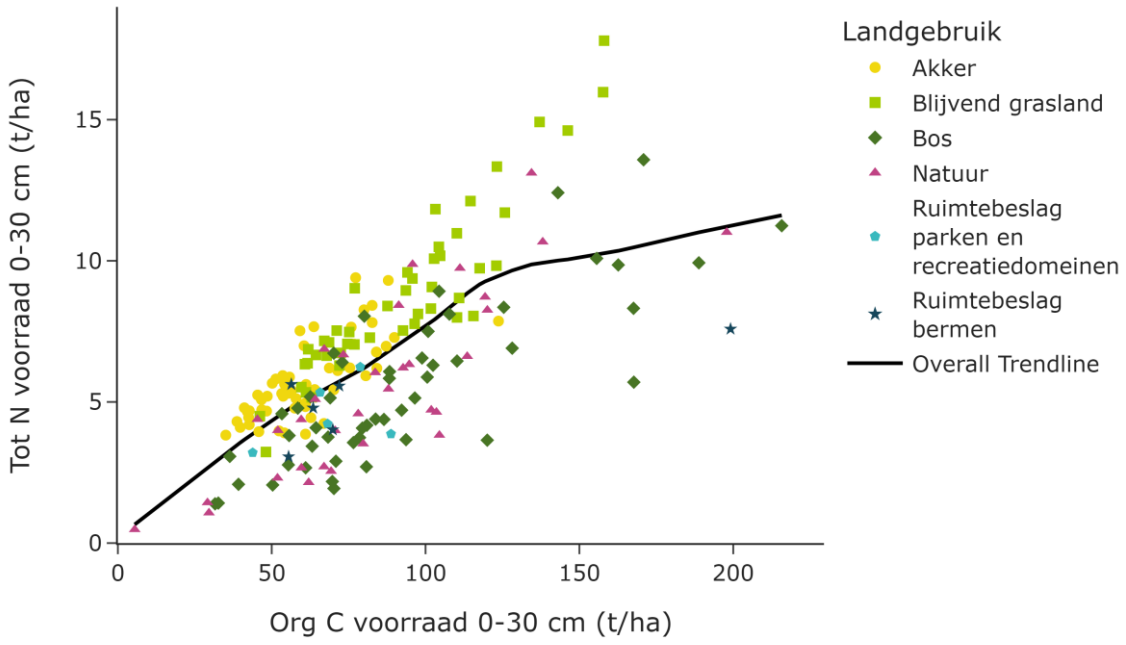
	Org C voorraad 0-30 cm / 0-100 cm (%)						
	Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var(%)
Akker	55	30	79	61	59	11	19
Blijvend grasland	46	19	84	67	62	12	20
Bos	51	26	79	64	60	13	22
Natuur	33	22	88	59	57	16	28
Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen	5	50	63	56	56	5	10
Ruimtebeslag bermen	6	23	67	56	49	17	35

Tabel 17: Ratio van de totale N stocks van de 0-30 cm bodemlaag ten opzichte van de 0-100 cm bodemlaag

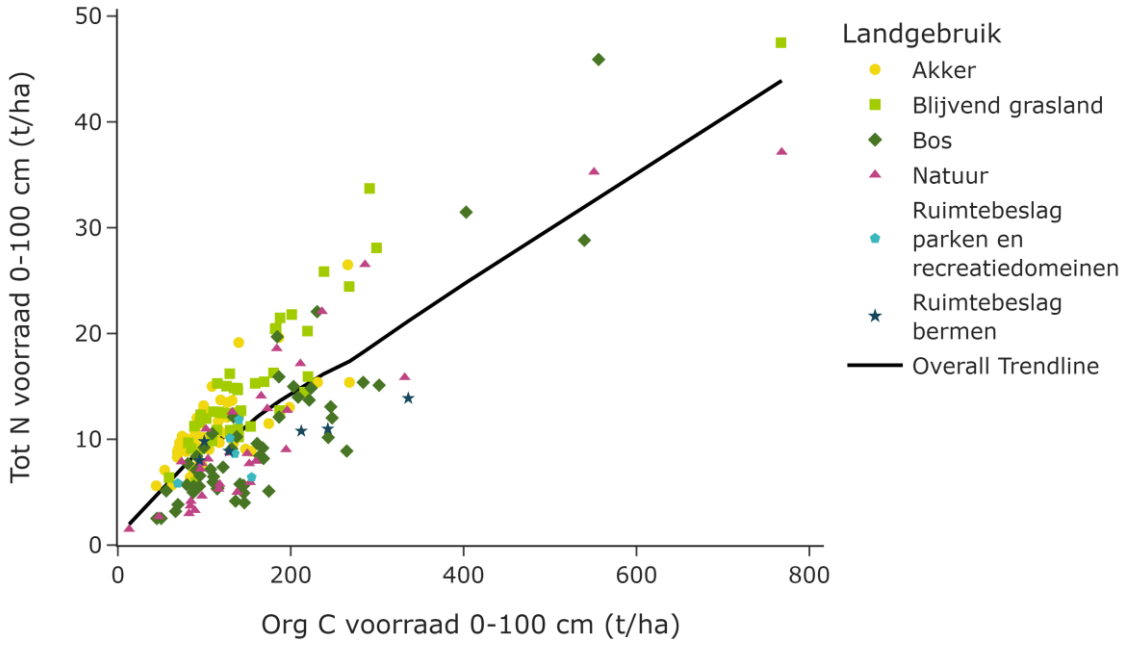
	Totale N voorraad 0-30 cm / 0-100 cm (%)						
	Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var(%)
Akker	55	31	70	52	54	9	16
Blijvend grasland	46	31	78	59	60	10	16
Bos	51	27	74	58	58	11	19
Natuur	33	25	83	56	56	14	25
Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen	5	49	60	53	54	4	8
Ruimtebeslag bermen	6	28	63	56	50	14	28

Wanneer we de totale N voorraad uitzetten ten opzichte van de organische C voorraad zien we een duidelijke tweedeling van de landgebruiken. Agrarische Cmon plots in akker en grasland situeren zich duidelijk boven een regressielijn door hun hogere totale N voorraad. Plots in bos, natuur en ruimtebeslag situeren zich onder deze regressielijn. Enkele natuur en bosplots vertonen zich evenwel in het gebied boven de regressielijn. Dit geldt zowel voor de 0-30 cm (Figuur 14) als de 0-100 cm voorraden (Figuur 15).

////////////



Figuur 13: Organische C voorraad ten opzichte van de totale N voorraad voor de 0-30 cm bodemlaag. De volle lijn is een locally weighted regression line (Lowess).



Figuur 14: Organische C voorraad ten opzichte van de totale N voorraad voor de 0-100 cm bodemlaag. De volle lijn is een locally weighted regression line (Lowess).

9.1.6 Organische C en totale N stocks in strooisellagen

Strooisellagen in bossen en natuurgebieden herbergen niet te verwaarlozen C en N voorraden. In het Cmon project worden enkel de F (Fragmentatie) en H (Humus) deellagen beschouwd en niet de L (Litter) laag. Deze laatste varieert immers doorheen het jaar, terwijl de F en H lagen decennialang relatief stabiel blijven zolang het bostype niet ingrijpend wijzigt.

De strooisellagen uit de gerapporteerde data behoren meestal tot landgebruik bos (38 van de 51 plots), maar kwamen ook voor in natuur (6 van de 33 plots) en in ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen (3 van de 5 plots). Viltlagen waren in geen enkele landgebruikscategorie aanwezig.

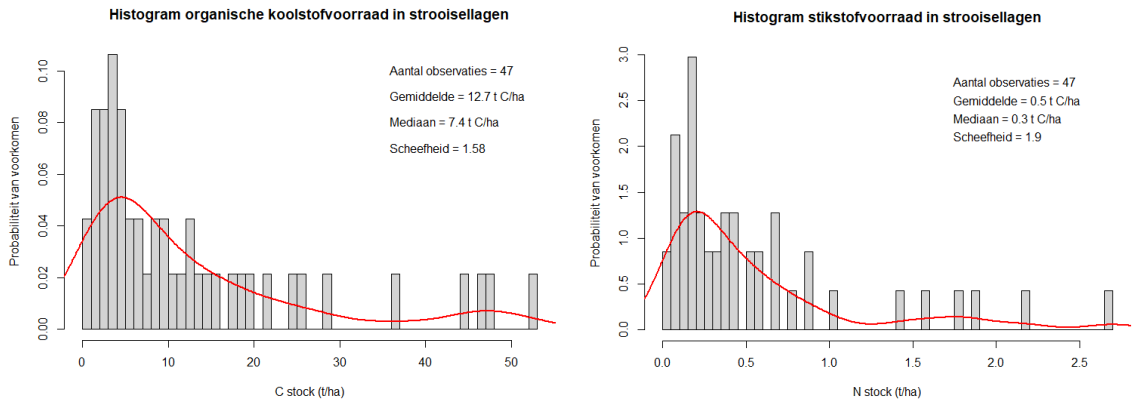
Tabel 18: Totale C voorraden voor de strooisellaag voor de verschillende Cmon landgebruikscategorieën

	Org C voorraad strooisellaag (t/ha)						
	Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var(%)
Bos	38	1,0	52,1	9,4	14,7	14,3	97,4
Natuur	6	0,5	12,8	3,8	5,1	4,4	85,1
Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen	3	1,7	3,9	3,4	3,0	1,2	38,6

Tabel 19: Totale N voorraden voor de strooisellaag voor de verschillende Cmon landgebruikscategorieën

	Totale N voorraad strooisellaag (t/ha)						
	Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var(%)
Bos	38	0,05	2,70	0,41	0,63	0,64	101,61
Natuur	6	0,02	0,44	0,22	0,23	0,14	61,89
Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen	3	0,08	0,21	0,15	0,15	0,07	44,79

De dikte en massa van de strooisellagen varieert enorm en is gerelateerd met het landgebruik, humustype, boomsoort, standplaats, vegetatiestructuur, …. Op rijkere bodems met mull humus types ontbreken de F en H laag en is er dus ook geen C en N voorraad in de ecto-organische lagen, op armere bodems (zoals podzols) daarentegen met mor humus types komen voorraden van 30 t C/ha en meer voor. Figuur 15 illustreert de geobserveerde C en N voorraden van 47 Cmon proefvlakken. De positieve scheefheid (right skewness) wijst op de lognormale verdeling van de voorraden. De density curve doet een multi-modale verdeling vermoeden die zich zal manifesteren als er meer observaties worden gedaan.



Figuur 15: Histogrammen (grijs) en densiteitscurves (rood) van de C en N stocks in de strooisellagen van 47 proefvlakken

De C stock in strooisellagen varieert van 0,5 t C/ha tot 52,1 t C/ha (een factor 100!), het gemiddelde bedraagt 12,7 t C/ha, terwijl de mediaan slechts 7.4 t/ha bedraagt. De N stock varieert van 0.02 tot 2,7 t N/ha (ook een factor 100) met een gemiddelde en mediaan van respectievelijk 0,54 en 0,32 t N/ha. De verdeling is nog schever dan deze van de C voorraad. Voor een parametrische statistische verwerking is een log transformatie van de data vereist.

Gemiddeld is de C stock in de strooisellaag ~10% van de 1-m stock in de minerale bodem, maar dit varieert wel van 0.6 tot 82 %. De N stock in de strooisellaag bedraagt gemiddeld ~8,7% van de 1-m voorraad in de minerale bodem, maar varieert ook van 0,5 tot 63%.

Het hangt dus heel sterk af van lokale condities hoe omvangrijk de C en N voorraden in de strooisellagen zijn. Dit zijn gemiddelden voor plots met strooisellagen over alle landgebruiken heen. In 25% van de bossen, 82% van de natuurplots en 40% van de parken en recreatiedomeinen komt geen permanente strooisellaag voor. Vermits volgens het Cmon staalnameprotocol enkel de F en H lagen bemonsterd zijn, worden de zogenaamde Mull humustypes die enkel bestaan uit een L laag (recente bladval) niet beschouwd in de voorraadberekening. De C stock in de L laag mineraliseert immers binnen het jaar. In Mull humustypes wordt het organisch materiaal snel in de minerale bodem ingewerkt. In Mor en Moder types wordt het organische materiaal toegevoegd aan de F laag.

9.1.7 Organische C en totale N stocks in de 0-30 cm en 0-100 cm bodemlagen inclusief strooisellagen

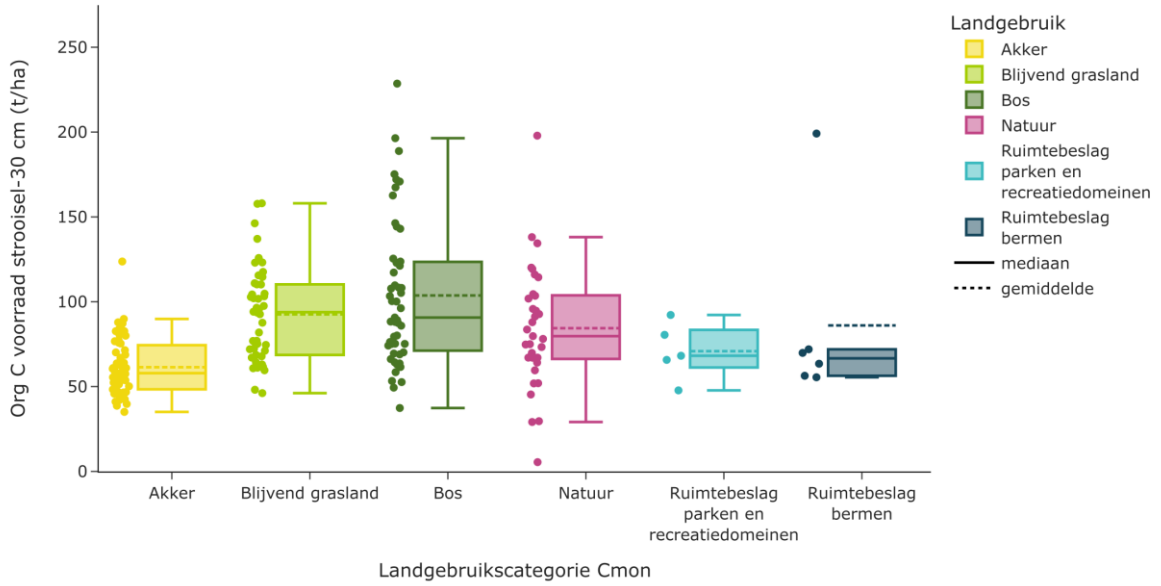
De organische C voorraden en totale N voorraden inclusief de strooisellagen geven dezelfde trends als de voorraden exclusief de strooisellaag (Tabel 18 en Tabel 19). Bij de landgebruikscategorieën bos, natuur en ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen verhogen de organische C voorraden met respectievelijk 10,9, 0,9 en 1,8 t C ha^{-1}. Voor de totale N voorraden is dit respectievelijk 0,47, 0,04 en 0.09 t N ha^{-1}. Dit is voor de organische C voorraden een verhoging van respectievelijk 11,8 %, 1,1 % en 2,6 % van de organische C stocks voor de 0-30 cm bodemlaag zonder strooisellaag en 6,5 %, 0,5 % en 1,4 % voor de 0-100 cm bodemlaag.

Tabel 20: Organische C voorraden inclusief de strooisellaag voor de 0-30 cm bodemlaag en 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon landgebruikscategorieën

		Org C voorraad inclusief strooisellagen (t/ha)								
		Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var(%)	Skewness	Kurtosis
Akker	**0 - 30 cm**	55	35,1	123,7	57,9	61,4	17,0	27,7	1,0	1,8
	0 - 100 cm	55	44,3	267,9	97,1	110,4	47,3	42,9	1,7	3,4
Blijvend grasland	**0 - 30 cm**	46	46,1	158,0	93,9	92,6	27,8	30,1	0,5	-0,3
	0 - 100 cm	46	59,2	767,2	138,5	162,9	106,2	65,2	4,3	23,7
Bos	**0 - 30 cm**	51	37,4	228,6	90,7	103,7	43,1	41,6	0,9	0,4
	0 - 100 cm	51	56,9	556,2	155,9	178,9	105,9	59,2	1,9	4,3
Natuur	**0 - 30 cm**	33	5,5	197,9	79,7	84,4	36,5	43,2	0,6	2,0
	0 - 100 cm	33	13,0	768,0	132,3	172,0	143,9	83,7	2,9	9,8
Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen	**0 - 30 cm**	5	47,8	92,2	68,2	70,9	16,7	23,6	-0,2	0,1
	0 - 100 cm	5	73,2	158,2	135,2	127,6	32,2	25,3	-1,6	3,2
Ruimtebeslag bermen	**0 - 30 cm**	6	55,5	199,1	66,7	86,0	55,8	64,9	2,4	5,7
	0 - 100 cm	6	94,6	336,0	170,3	185,7	95,4	51,4	0,7	-0,7

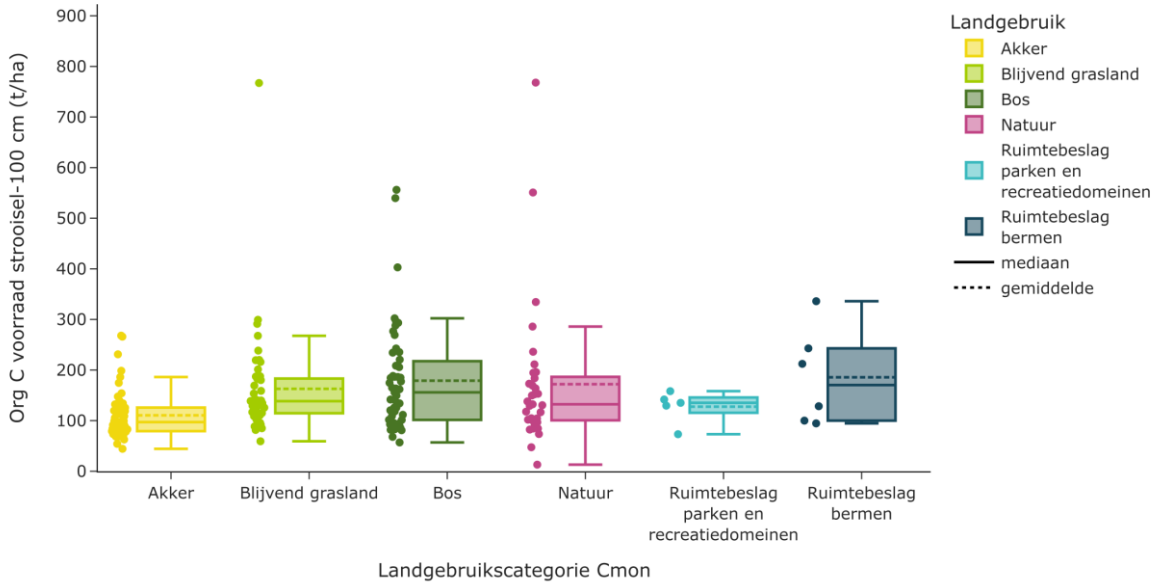
Tabel 21: Totale N voorraden inclusief de strooisellaag voor de 0-30 cm bodemlaag en 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon landgebruikscategorieën

		Totale N voorraad inclusief strooisellagen (t/ha)								
		Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var(%)	Skewness	Kurtosis
Akker	**0 - 30 cm**	55	3,8	9,4	5,4	5,7	1,4	24,7	0,8	0,0
	0 - 100 cm	55	5,6	26,5	10,2	10,9	3,5	32,3	2,0	6,6
Blijvend grasland	**0 - 30 cm**	46	3,2	17,8	8,1	8,8	3,0	34,3	1,0	1,2
	0 - 100 cm	46	5,9	47,5	12,7	15,4	7,4	47,8	2,4	7,6
Bos	**0 - 30 cm**	51	2,0	13,6	5,3	6,0	2,8	47,3	0,8	0,0
	0 - 100 cm	51	3,1	45,9	9,1	10,9	7,8	71,7	2,5	8,0
Natuur	**0 - 30 cm**	33	0,5	13,1	4,7	5,6	3,1	55,4	0,6	-0,2
	0 - 100 cm	33	1,5	37,1	8,1	11,0	8,6	78,4	1,7	2,9
Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen	**0 - 30 cm**	5	3,4	6,3	4,2	4,7	1,2	24,8	0,7	-0,8
	0 - 100 cm	5	6,1	11,9	8,6	8,7	2,4	28,2	0,3	-1,6
Ruimtebeslag bermen	**0 - 30 cm**	6	3,1	7,6	5,2	5,1	1,6	30,4	0,4	0,5
	0 - 100 cm	6	8,0	13,9	10,3	10,4	2,0	19,7	0,9	1,1

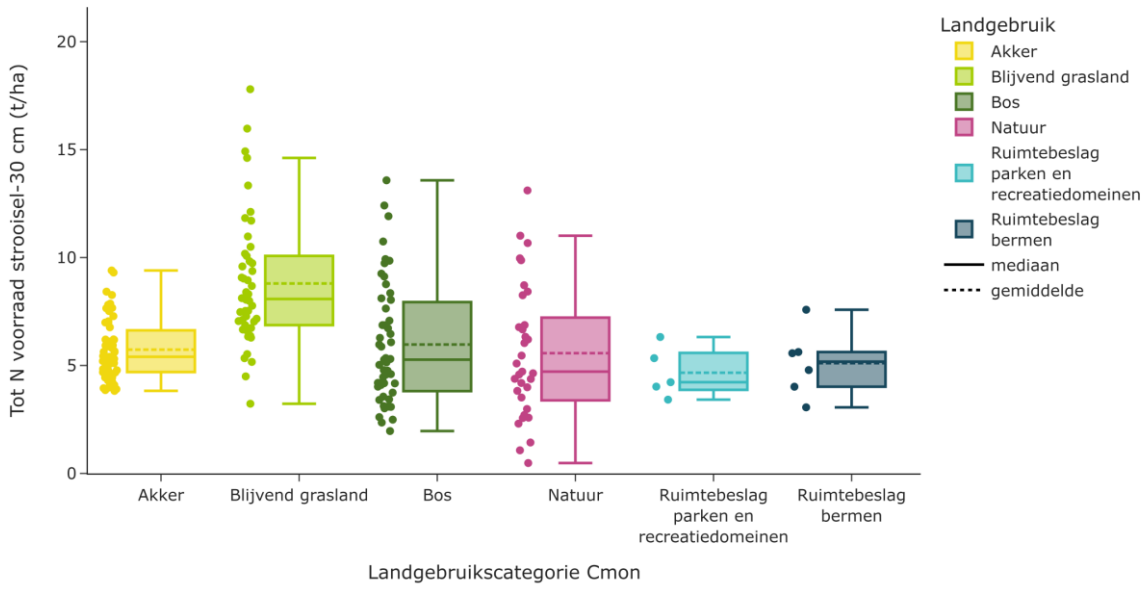


Figuur 16: Organische C voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag inclusief strooisellagen voor de verschillende Cmon landgebruikscategorieën

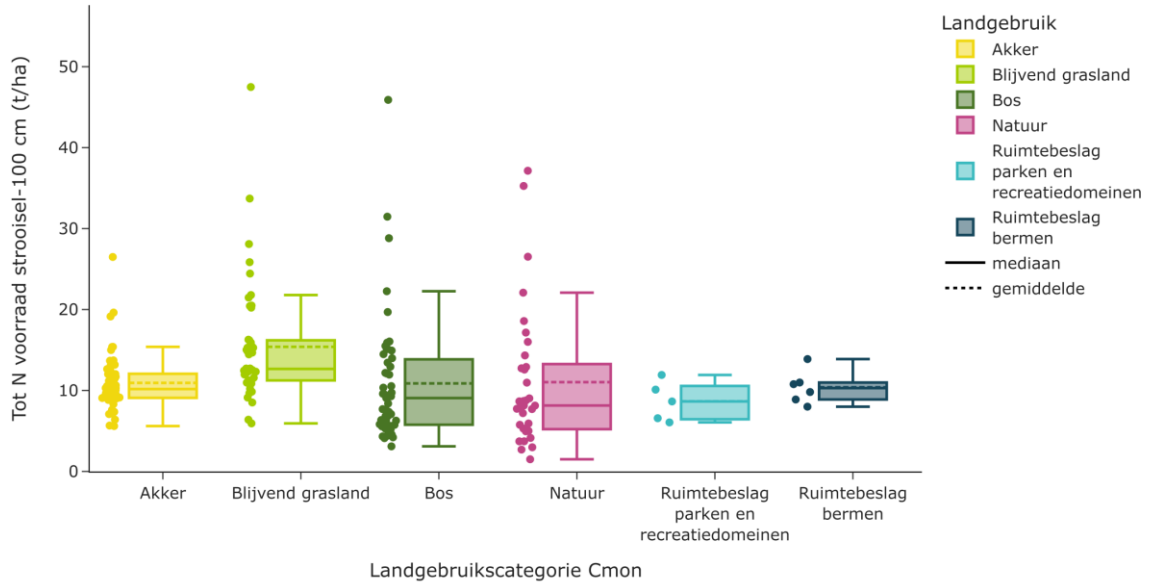
//////////////



Figuur 17: Organische C voorraden voor de 0-100 cm bodemlaag inclusief strooisellagen voor de verschillende Cmon landgebruikscategorieën



Figuur 18: Totale N voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag inclusief strooisellagen voor de verschillende Cmon landgebruikscategorieën



Figuur 19: Totale N voorraden voor de 0-100 cm bodemlaag inclusief strooisellagen voor de verschillende Cmon landgebruikscategorieën

9.1.8 Evaluatie variatiematen van de Cmon voorstudie

Teneinde het aantal benodigde proefvlakken per landgebruik te kunnen inschatten om een 4‰ verandering in C voorraad te kunnen detecteren op 20 jaar werden in de methodologische voorstudie (Sleutel et al., 2021) varianties verzameld of berekend uit heel wat Vlaamse studies en databanken. Voor de meeste landgebruiken kon dit alleen bijeengebracht worden voor de koolstofvoorraden in de opperbodem (0-30 cm).

Op basis van de eerste resultaten kunnen we dan ook de vastgestelde standaardafwijkingen van 0-30 cm koolstofvoorraden vergelijken met de aangenomen waarden (Tabel 21). Als de vastgestelde afwijking kleiner is dan de vooropgestelde standaardafwijking dan zal het aantal geschatte proefvlakken wellicht volstaan om het beoogde minimum detecteerbare verschil (MDD) met voldoende statistische kracht aan te tonen. Is de variantie hoger dan verwacht, dan zal het aantal proefvlakken voor het gegeven landgebruik verhoogd moeten worden om het gewenste MDD te bereiken. Naarmate Cmon vordert zullen we steeds beter de werkelijke varianties kunnen begroten en daarmee de termijn bepalen waarop significante wijzigingen in de koolstofvoorraden voor elk landgebruik effectief plaatsvinden.

////////////

Tabel 22: Huidig gemeten variatiematen t.o.v. veronderstelde variatiematen in de Cmon voorstudie voor de organische C voorraden in de 0-30 cm bodemlaag (Sleutel et al., 2021)

	Org C voorraad (t/ha)							
	Sleutel et al. 2021 - voorstudie		Cmon – eerste resultaten					
	Gemiddelde (t/ha)	Stdev (t/ha)	Gemiddelde (t/ha)			Stdev (t/ha)		
			Rekenkundig	Bootstrapped	Bootsrapped 95% betrouwbaarheidsinterval	Rekenkundig	Bootstrapped	Bootsrapped 95% betrouwbaarheidsinterval
Akker	49,4 – 75,9	22,3 -28,0	61,4	61,4	57,5 – 66,5	17,0	16,7	14,1 – 23,5
Blijvend grasland	62,9 - 90,3	18,1 – 39,6	92,6	92,6	84,9 – 101,2	27,8	27,4	23,5 -34,0
Bos	87,1 – 120	37,5 – 74,1	92,8	92,8	82,9 – 105,7	41,5	40,8	33,4 – 52,2
Natuur	67 – 181	39,3 – 103	83,5	83.5	71,9 – 96,8	36,7	35,6	27,7 – 52,8
Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen	ND	ND	69,1	69,1	53,1 – 80,2	16,8	14,3	8,6 - 24,6
Ruimtebeslag bermen	ND	ND	86,0	85,8	61,1 – 155,3	55,8	43,1	5,9 – 78,3

Bca bootrapped = Bias Corrected and Adjusted (standaard correctie bij bootstrapping)

In de voorstudie werden gemiddelde organische C stocks en hun standaard afwijking (SD) bepaald voor diverse strata binnen elk landgebruik (bv. op basis van agro-pedologische regio, vochttrappen of natuurtypes). In Tabel 22 is dan ook het min-max bereik aangegeven, zowel voor het gemiddelde als de SD. De waargenomen gemiddelde organische C voorraad voor akkers ligt perfect binnen de range van de voorstudie. De waargenomen SD (van de 55 akkers) is echter lager dan wat ingeschat werd. Berekenen we echter het empirische 95% betrouwbaarheidsinterval op deze SD door bootstrapping, dan overlapt dit nog wel met de vooropgestelde SD range. Zoals het er nu naar uitziet zal het ingeschatte aantal akkers uit de voorstudie hoogstwaarschijnlijk volstaan. Voor grasland ligt de waargenomen gemiddelde organische C voorraad hoger dan aangenomen in de voorstudie, maar de waargenomen standaardafwijking ligt perfect binnen het verwachte bereik ervan. Het hogere gemiddelde heeft wellicht te maken met de latere ‘uitzuivering’ van graslanden in blijvende graslanden en tijdelijke. Deze laatste brengen we in deze studie immers bij de akkers onder.

Ook het waargenomen gemiddelde en SD voor bos ligt perfect in de verwachte ranges van de voorstudie. Ook voor natuur ligt de gemiddelde waarde binnen de verwachting en is de momenteel waargenomen SD zelfs lager dan wat in de voorstudie werd ingeschat. Maar mogelijk zijn nog niet al te veel ‘carbon hotspots’ zoals veengebieden uit de steekproef bemonsterd. Dus ook hier zitten we statistisch aan de safe side van de voorstudie. Over varianties van ruimtebeslag parken en bermen werd in de voorstudie geen uitspraak gedaan en het aantal waargenomen proefvlakken is te beperkt om vergelijkingen te maken met de tweede voorstudie inzake ruimtebeslag landgebruiken, zoals te zien is aan het zeer brede betrouwbaarheidsinterval. Algemeen kan uit deze evaluatie voorlopig besloten worden dat de voorstudie realistische varianties hanteerde en dat de waargenomen varianties eerder lager dan hoger zijn dan wat werd gebruikt voor het inschatten van het aantal benodigde proefvlakken.

9.1.9 Vergelijking met bestaande schattingen voor organische C voorraden voor België

Bij vergelijking van de voor het jaar 2020 geschatte organische C voorraden in de Belgische LULUCF prognoses (0-30 cm bodemlaag) met de eerste voorlopige Cmon resultaten (Tabel 13) zien we een goede overeenkomst van de voorraden in bos, namelijk rond de 90 ton/ha voor de minerale bodemlaag en 10 ton/ha voor de strooisellaag (Belgian interregional Environment Agency (CELINE-IRCEL), 2023).

De vergelijking tussen akkerland en grasland is moeilijker omdat grasland in de huidige Belgische LULUCF klassen zowel tijdelijk als blijvend grasland omvat terwijl bij Cmon tijdelijk grasland in de categorie akkerland zit. De internationale LULUCF definities van de klassen akkerland en grasland komen beter overeen met de Cmon classificatie. In de Belgische LULUCF-rapportering worden organische C voorraden voor respectievelijk akkerland en grasland van 54 en 74 ton C /ha verondersteld (Belgian interregional Environment Agency (CELINE-IRCEL), 2023).

Voor de categorie ruimtebeslag suggereren de eerste Cmon resultaten van 11 plots hogere organische voorraden namelijk gemiddeld 78 ton/ ha (mediaan 68 ton/ha) in vergelijking met de geschatte 54 ton/ha in LULUCF.

De laatste LULCUF categorie omvat wetlands met een geschatte voorraad van 100 ton C / ha in de 0-30 cm bodemlaag. In de 196 gemeten Cmon plots werden 2 plots aangeduid als wetland: 1 plot in natuur met 119 ton C/ha en 1 plot in bos met 171 ton C/ha wat resulteert in een hoger gemeten gemiddelde voor wetlands van 145 ton C/ha in vergelijking met de LULUCF schattingen (Belgian interregional Environment Agency (CELINE-IRCEL), 2023) maar deze eerste waarde voor wetlands in Cmon moet nog bevestigd worden wanneer meer plots beschikbaar komen.

9.2 CONCLUSIES

Voor het eerst in 50 jaar beschikken we over onafhankelijke resultaten van organische C voorraden over alle landgebruiken heen (akkerland, blijvend grasland, bos, natuur en ruimtebeslag). Belangrijk hierbij is dat tijdelijk grasland behoort tot het landgebruik akkerland en dat natuur staat voor open natuur.

De eerste resultaten van het koolstofmonitoringnetwerk bevatten maar 5 tot 55 plots per landgebruikscategorie waarbij er nog geen doorgedreven statistische analyses mogelijk waren. Wel konden enkele trends waargenomen worden die de volgende jaren zullen afgetoetst worden wanneer data van meer plots beschikbaar komen:

- De organische C voorraad in de 0-100 cm bodemlaag is het hoogst in bos, natuur, blijvend grasland en ruimtebeslag bermen,. Ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen en akkerland hebben de laagste organische C voorraden.
- De categorie ruimtebeslag bevat enkel nog maar 6 plots van bermen en 5 van parken en recreatiedomeinen. Tuinen en overige binnen ruimtebeslag konden nog niet bemonsterd worden.

- Er is een groot aandeel van de 30-100 cm laag in de 0-100 cm organische C voorraden. Internationale koolstofmonitoring en vele studies beperken zich vaak tot de oppervlakkige bodemlagen (bv. Europese LUCAS monitoring beperkt tot 0-30 cm, voorheen zelfs 0-20 cm) waardoor de totale voorraden sterk onderschat worden. In Cmon varieerde het aandeel van de 30-100 cm bodemlaag tussen de 38 en de 44% procent voor alle landgebruikscategorieën met uitzondering van ruimtebeslag bermen. In ruimtebeslag bermen was het aandeel van 30-100 cm bodemlaag groter dan 50%.
- Er werden niet enkel strooisellagen gemeten in bossen maar ook in natuur en ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen. Doordat niet in alle plots van deze landgebruiken permanente strooisellagen aanwezig waren is het aandeel van de strooisellaag in de totale organische C voorraad beperkt. Door het in rekening brengen van de strooisellaag wordt de gemiddelde 0-100 cm organische C voorraad verhoogd met respectievelijk 6,5 %, 0,5 % en 1,4 % in bossen, natuur en ruimtebeslag parken en recreatiedomeinen. De variatie in C voorraden in de strooisellaag is weliswaar zeer hoog.
- De waargenomen varianties van zowel de 0-30 cm als 0-100 cm koolstofvoorraden binnen elk landgebruik liggen binnen het bereik van de vooropgestelde varianties van de voorstudie voor het koolstofmonitoringnetwerk, waardoor het aantal te bemonsteren Cmon proefvlakken wellicht redelijk correct is ingeschat.

10 RAPPORTAGE EN COMMUNICATIE

Dit jaarrapport bevat de resultaten van het eerste en tweede werkjaar van het koolstofmonitoringmeetnet.

De jaarrapporten, resultaten en protocollen zijn op de officiële Cmon website https://omgeving.vlaanderen.be/nl/klimaat-en-milieu/bodem-en-ondergrond/vlaamse-koolstofmonitoring-hoeveel-koolstof-zit-er-in-de-bodem gepubliceerd. De Cmon data zelf worden waarschijnlijk in het najaar van 2023 via DOV ontsloten.

Mijlpaal 19: Ontwerp werkplan jaar 3 voor stuurgroep (31/5/2023)

- ⇨ ok

Deliverable 11: De jaarlijkse synthese van de werkzaamheden en de resultaten van het voorbije werkjaar, eindrapport (30/6/2023).

- ⇨ ok

Deliverable 12: Definitief werkplan voor jaar 3 (2023-2024) (30/6/2023).

- ⇨ ok

Deliverable 13: De Cmon website is gepubliceerd. (15/12/2022)

- ⇨ ok

Mijlpaal 20: Een Cmon communicatieplan is uitgewerkt. (30/04/2023)

- ⇨ Een eerste draft van een communicatieplan werd uitgewerkt. Dit plan wordt in de komende maanden verder uitgewerkt.

REFERENTIES

Agentschap Digitaal Vlaanderen. 2022a. "Grootschalig Referentiebestand (GRB)." https://metadata.vlaanderen.be/srv/dut/catalog.search#/metadata/7C823055-7BBF-4D62-B55E-F85C30D53162 (May 24, 2023).

Agentschap Digitaal Vlaanderen. 2022b. "Wegenregister." https://metadata.vlaanderen.be/srv/dut/catalog.search#/metadata/7863e3fa-63c2-4b08-9923-8990a6ad93d2 (May 24, 2023).

Agentschap Digitaal Vlaanderen. 2023. "Orthofotomozaïek, middenschalig, winteropnamen, kleur, meest recent, Vlaanderen, 2022.02." https://metadata.vlaanderen.be/srv/dut/catalog.search#/metadata/f5304d6d-0dd4-43fd-a726-427af31e8d61 (May 24, 2023).

Belgian interregional Environment Agency (CELINE-IRCEL). 2023. *Belgium's Greenhouse Gas Inventory (1990-2021) National Inventory Report Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Brussel. https://unfccc.int/documents/627808 (May 26, 2023).

Departement Omgeving. 2021. "Landgebruik - Vlaanderen - Toestand 2019." https://metadata.vlaanderen.be/srv/dut/catalog.search#/metadata/fe979929-a2b5-4353-94c5-608c4b109dc6 (May 26, 2023).

Eggleston S. et al. 2006. "Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Us." In *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Japan: IGES. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html (May 23, 2023).

Poelmans L., Janssen L., Hambsch L. 2021. *Landgebruik En Ruimtebeslag in Vlaanderen, Toestand 2019, Uitgevoerd in Opdracht van Het Vlaams Planbureau Voor Omgeving*. Brussel.

Sleutel S., D'Hose T., Ruysschaert G., Lettens S., De Vos B. 2. 2020. *Monitoring van Het Organische Koolstofgehalte in Vlaamse Bodems in Openbaar Domein En Particulieren Tuinen.* Vlaams Planbureau voor Omgeving.

Sleutel S., D'Hose T., Lettens S., Ruysschaert G., De Vos B. 2021. *Actualisatie En Verfijning van de Onderbouwing van Een Methodiek Voor de Systematische Monitoring van Koolstofvoorraden in de Bodem*. Brussel: Vlaams Planbureau voor Omgeving, Departement Omgeving. https://researchportal.be/nl/publicatie/actualisatie-en-verfijning-van-de-onderbouwing-van-een-methodiek-voor-de-systematische (May 23, 2023).

Vlaamse Milieumaatschappij. 2022. "Vlaamse Hydrografische Atlas - Waterlopen, 3 maart 2022." https://metadata.vlaanderen.be/srv/dut/catalog.search#/metadata/6be4cc4d-d083-42f0-9b9d-a8d9cc96d3fb (May 24, 2023).

BIJLAGE 1: GANTT-CHART UIT WERKPLAN WERKJAAR 2 (1 JULI 2022 – 30 JUNI 2023)

Taken 2022-2023	juli	aug	sept	okt	nov	dec	jan	feb	mrt	apr	mei	juni	juli
Aankopen en personeel													
Aanwerving personeel							M1						
GDPR/Open data/Open science													
Ondertekenen standaard protocol en opvragen eigenaarsgegevens via MyMinFin/MAGDA		M2		M4									
Finale beslissing omtrent openbaar maken van resultaten gelinkt aan XY-coördinaten				M3									
Aanleveren XY-coördinaten voor werkjaar 2 aan Dept. L&V		M5											
Staalname													
Controle blijvend grasland				M6									
Update staalnameprotocol				M8							D1		
Contacteren eigenaars										M7			
Effectieve staalnames											M9		
Opleiding				M10									
Kwaliteitscontrole en protocol											M11		
Analyse													
Protocol staalvoorbereiding en analyse						D2		M12			D3		
Onderlinge kwaliteitscontrole		M13									D4		
Effectieve analyse stalen										M14			
Aanpak landgebruiksveranderingen					M15								
Doorstroming naar DOV	M16				M17, D5, D6					D7			
Doorstroming naar geotheek						D8							D9
Schaduwmeetnet				D10		M18							
Dataverwerking, interpretatie, rapportering, doorstroming											M19	D11, D12	
Communicatie						D13				M20			