



Koolstofvastlegging in grasvelden

Eindrapportage WP4 PPS Grasvelden, Klimaat & Biodiversiteit

Auteurs | Lennart Fuchs, Jan Rinze van der Schoot, Maria-Franca Dekkers, Stefan van Gestel

WPR-OT-1078



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Koolstofvastlegging in grasvelden

Eindrapportage WP4 PPS Grasvelden, Klimaat & Biodiversiteit

Auteurs: Lennart Fuchs, Jan Rinze van der Schoot, Maria-Franca Dekkers, Stefan van Gestel

Wageningen University & Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen University & Research in samenwerking met bedrijfslevenpartners Plantum, Branchevereniging Sport en Cultuurtechniek, Koninklijke Nederlandse Golf Federatie, Barenbrug, DLF, DSV-zaden, Limagrain in het kader van het publiek-private samenwerkingsprogramma 'Grasvelden Klimaat en Biodiversiteit', medegefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit via topsector (Agri&Food en Tuinbouw&Uitgangsmaterialen). (BO-60—003-002)

Wageningen, maart 2024

Rapport WPR-OT 1087

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/652946>

Samenvatting

Een van de maatregelen om de effecten van klimaatverandering te beperken is de opslag van CO₂ in de bodem. In stedelijke gebieden zijn verschillende grasvelden te vinden, zoals sportvelden, parken en bermten. In de PPS Grasvelden, Klimaat & Biodiversiteit is onderzocht hoeveel koolstof er is vastgelegd.

De hoeveelheid koolstof is afhankelijk van veel verschillende factoren, waarvan een deel niet eenvoudig te beïnvloeden zijn. In veldonderzoek is in de laag van 0-20 cm gemiddeld 50 tot 80 ton C/ha aanwezig. Omdat niet bekend was hoeveel koolstof aanwezig was voor de aanleg, kunnen geen uitspraken worden gedaan over de hoeveelheid koolstof die door het gras zelf is vastgelegd. De resultaten gaven aan dat bij grasveldbeheer ten behoeve van (extra) koolstofvastlegging, geen onderscheid gemaakt hoeft te worden tussen de verschillende soorten grassoorten. Rietzwenkgras vormt hierop een mogelijke uitzondering. Bij grasonderhoud kan wel rekening worden gehouden met de maairequentie en maaihoogte. Deze factoren kunnen namelijk invloed hebben op de koolstofopslag onder grasvelden.

Trefwoorden: Grasvelden, Koolstofvastlegging

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320 29 11 11; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-WPR-OT 1087

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Relevantie	5
1.2 Basis theorie over koolstofvastlegging	5
1.2.1 Koolstof aanvoer	5
1.2.2 Koolstof afbraak	5
1.2.3 Koolstofbalans	6
2 Literatuuronderzoek	7
2.1 Belangrijkste uitkomsten	7
2.2 Discussie	8
3 Bemonsteringen in grasproeven om effecten van soorten en rassen te bepalen	9
3.1 Materiaal en methode	9
3.2 Resultaten verschillende bemonsteringen	9
3.2.1 Aflopende CGO proeven juni 2021 bij Barenbrug, DLF en DSV	9
3.2.2 Data uit grasproeven met ook rietzwenk- en roodzwenkgras in 2021 en 2022	10
4 Bemonsteringen in grasvelden in de praktijk	12
4.1 Materiaal en methode	12
4.2 Resultaten uit bemonstering praktijkvelden	12
5 Discussie en conclusies	16
Literatuur	17
Bijlage 1 Factsheet Literatuuronderzoek	18
Bijlage 2 Literatuuronderzoek	20
Bijlage 3 Meetplan en bemonsterde grasrassen in grasproeven 2021 en 2022	53
Bijlage 4 Bemonsteringslocaties praktijkgrasvelden 2021	55
Bijlage 5 Ruwe resultaten	58

Samenvatting

Een van de maatregelen om de effecten van klimaatverandering te beperken is de opslag van CO₂ in de bodem. In stedelijke gebieden zijn verschillende grasvelden te vinden, zoals sportvelden, parken en berm. In de PPS Grasvelden, Klimaat & Biodiversiteit is onderzocht hoeveel koolstof er vastgelegd kan worden onder grasvelden. Hierbij is gekeken naar de invloed van gebruik en beheer. Daarnaast is onderzocht of er verschillen bestaan tussen grassoorten en rassen.

Het is duidelijk dat er zich geen vaste hoeveelheden koolstof bevinden onder grasvelden. De hoeveelheid is afhankelijk van heel veel verschillende factoren, waarvan een deel niet eenvoudig te beïnvloeden zijn (bijv. grondsoort, geschiedenis en waterpeil).

Met de bemonsteringen is aangetoond dat in de laag van 0-20 cm 50 tot 80 ton C/ha aanwezig is. Omdat niet bekend was hoeveel koolstof aanwezig was voor de aanleg, kunnen geen uitspraken worden gedaan over de hoeveel koolstof die door het gras zelf is vastgelegd. Enkele eenvoudige beïnvloedbare factoren, zoals maai-beheer en soortenkeuze zijn onderzocht.

Er waren geen grote verschillen in de koolstofvoorraad tussen de soorten Engels raaigras, veldbeemdgras en roodzwenkgras. Rietzwenkgras daarentegen, had in een aantal proeven een ca 10 ton C/ha hogere koolstofvoorraad. Hoger en minder vaak maaien had in enkele gevallen een positieve invloed op de koolstofopslag.

Het is de vraag of het verschil tussen grassoorten groot en interessant genoeg is om hier specifiek op in te zetten bij de inrichting van grasvelden. De gebruiksdoelen en andere functies zullen leidend zijn en blijven. De waarde van rietzwenkgras en het huidige aanbod van rassen is op het gebied van bespelingstolerantie en zodevorming, (nog) niet op het niveau van de andere grassoorten. Maar rietzwenkgras is voor bepaalde gebruiksdoelen zeker in staat een deel van het ingezaaide mengsel in te nemen.

De uitgevoerde onderzoeken geven aan dat bij grasveldbeheer ten behoeve van (extra) koolstofvastlegging, geen onderscheid gemaakt hoeft te worden tussen de verschillende soorten grassoorten. Rietzwenkgras vormt hierop een mogelijke uitzondering. Bij grasonderhoud kan wel rekening worden gehouden met de maai-frequentie en maai-hoogte. Deze factoren kunnen namelijk invloed hebben op de koolstofopslag onder grasvelden.

1 Inleiding

1.1 Relevantie

Extra koolstofvastlegging in de bodem kan bijdragen aan het mitigeren van klimaatverandering, indien koolstof voor lange termijn wordt opgeslagen in de bodem. In landbouwbodems is dit fenomeen zeker de afgelopen 10 jaar steeds meer onder de aandacht komen te staan. Het is algemeen bekend dat (blijvend) grasland in de veehouderij (incl. bemesting/beweiding) kan bijdragen aan een toename van het organische stofgehalte in de bodem. Dit komt mede door de hoge productie van dit grasland en de snelle vernieuwing, waardoor vooral vanuit het wortelstelsel veel 'gewasresten' worden achtergelaten die organische stof worden. Dit zorgt naast een goede bodemkwaliteit ook voor de opslag van koolstof in de bodem. Koolstofopslag staat internationaal onder de aandacht, omdat het mogelijk een bijdrage kan leveren aan klimaatmitigatie.

Binnen de PPS Grasvelden Klimaat & Biodiversiteit is het effect van klimaat op (stedelijke) grasvelden onderzocht, hoe grasvelden kunnen bijdragen op het klimaat in de stad en hoe grasvelden kunnen bijdragen aan een grotere biodiversiteit. Het gaat hierbij om grasvelden zoals sportvelden, parken, bermen en overhoeken, maar ook dijken en golfbanen. De hoofdfunctie van deze grasvelden is vrijwel nooit productie, waardoor het beheer ook afwijkt van productiegasland. Eén van de vragen uit de PPS was gericht op koolstofvastlegging van grasvelden. Het verzamelen van kentallen voor verschillende grasvegetaties, daarbij rekening houdend met hun functie. En door welke factoren de vastlegging wordt beïnvloed.

1.2 Basis theorie over koolstofvastlegging

Of koolstofvastlegging in bodems plaatsvindt is afhankelijk van de koolstofbalans. Simpel gezegd is de koolstofbalans een resultante van de hoeveelheid koolstof aanvoer (inputs) in de bodem aan de ene kant en de koolstof afbraak (outputs) aan de andere kant.

1.2.1 Koolstof aanvoer

De meest relevante stromen van koolstof aanvoer zijn de gewasresten en organische bemesting. Bij gewasresten hebben we het over de afstervende en vernieuwende biomassa van zowel blad als wortels, waarbij wortels een relatief groter effect hebben dan de bovengrondse biomassa. Daarnaast kunnen wortel exudaten (stoffen die het wortelstelsel afscheidt aan de bodem) ook een vorm van koolstofaanvoer zijn. Gewasresten en exudaten kunnen gezien worden als een interne koolstof input, omdat ze direct vanuit het systeem komen. Bij organische bemesting gaat het over dierlijke mest, compost en andere organische reststromen, welke beide een bepaalde fractie organisch materiaal bevatten en in verschillende soorten en vormen kunnen bestaan. Dit kan gezien worden als externe koolstof input.

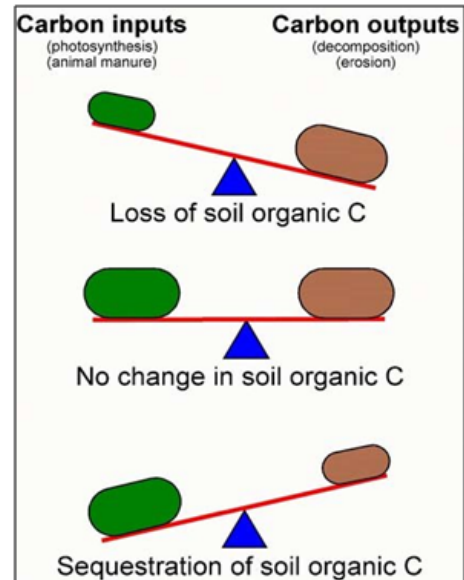
1.2.2 Koolstof afbraak

Via decompositie en respiratie zal een deel van de bodem organische stof jaarlijks afbreken. Hoeveel dit is hangt af van de hoeveelheid en vormen van organische stof in de bodem en van het beheer. Om af te breken is er o.a. vocht en zuurstof nodig. Over het algemeen neemt de absolute hoeveelheid afbraak toe naarmate de koolstof/organische stof voorraad hoger is. Dit proces kan via grondbewerking ook versneld worden.

Naast koolstofafbraak kan er in sommige gevallen ook koolstof verloren gaan door wind- of watererosie, waarbij de vruchtbare toplaag van een bodem incl. organische stof kan eroderen. Over het algemeen zal dit bij grasvelden in Nederland relatief laag zijn.

1.2.3 Koolstofbalans

De koolstofbalans zou gezien kunnen worden als een soort weegschaal die langzaam een evenwicht bereikt. Indien de koolstof aanvoer hoger is dan de afvoer neemt de bodemvoorraad toe. Bij een hogere voorraad zal de afbraak over het algemeen ook hoger worden, tot deze een vergelijkbaar niveau bereikt als de aanvoer, en dan is de koolstofbalans in staat van evenwicht (bij gelijkblijvende omstandigheden en beheer). Dit is weergegeven in Figuur 1.



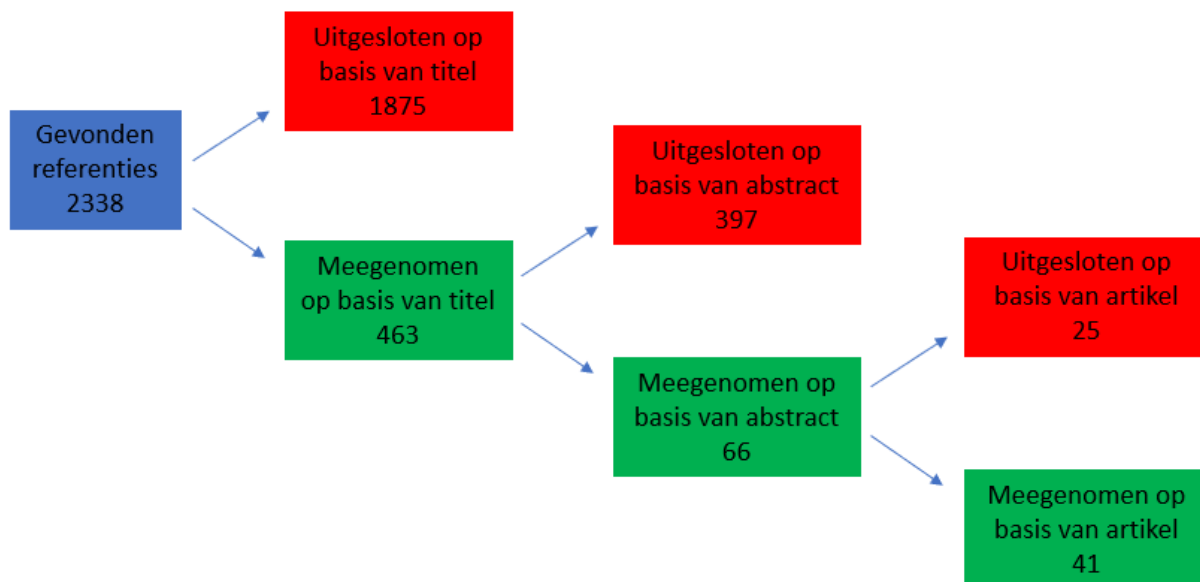
Figuur 1. Weergave van de koolstofbalans als een weegschaal (uit: Causarano et al. 2005)

2 Literatuuronderzoek

In 2020 is er een literatuuronderzoek uitgevoerd naar wetenschappelijke literatuur over koolstofvastlegging in grasvelden. Het uitgebreide verslag van het literatuuronderzoek staat in Bijlage 2. Inclusief de geraadpleegd literatuur. De uitkomsten hiervan zijn samengevat in een [factsheet](#) (van der Schoot & Dekkers, 2021) en uitgebreidere dat is te vinden in een [PowerPoint presentatie](#) (edepot.wur.nl/545767). De Factsheet is ook te vinden in Bijlage 1.

Voor dit literatuuronderzoek is gebruik gemaakt van CAB Abstracts. Er is gezocht op zoektermen rondom koolstof en verschillende grassoorten. Er is gezocht in de talen Engels, Duits en Nederlands. Enkel studies uit Atlantische en continentale klimaatgebieden zijn hierin meegenomen, en enkel literatuur van na 1975. De zoektermen staan vermeld in Bijlage 2.

Op basis van de zoekresultaten en een verdere selectie op basis van titel, abstract en artikel zijn er uiteindelijk 41 studies meegenomen in dit literatuuronderzoek. Grassoorten die in deze studies veel onderzocht zijn waren rietzwenkgras, veldbeemdgras, Engels raagrass en wit struisgras. Daarnaast kwamen veruit de meeste studies uit de Verenigde Staten.



2.1 Belangrijkste uitkomsten

Op basis van deze literatuurstudie zijn een aantal maatregelen te benoemen die de koolstofvastlegging potentieel kunnen verhogen:

- Gebruik van inheemse grassoorten in plaats van uitheemse grassoorten
- Gebruik van rietzwenkgras en roodzwenkgras in plaats van veldbeemdgras en Engels raagrass
- Zaaï mengsels van grassoorten (en ook kruiden)
- Frequent maaien
- Maaisel niet afvoeren
- Beheer gericht op goede grasgroei, zoals bemesting en irrigatie

2.2 Discussie

De meeste van deze maatregelen komen neer op het feit dat productieve grasvelden uiteindelijk meer biomassa vormen, dus meer fotosynthese en daarmee meer koolstof vastleggen. Inheemse grassen zijn vaak productiever dan uitheemse grassen, en ook frequent maaien, bemesting en irrigatie dragen bij aan een hogere productiviteit en dus biomassa vorming. Hierbij moet wel worden benadrukt dat voor maatregelen als maaien, bemesten en irrigeren vaak ook CO₂ wordt uitgestoten, waarbij de vraag gesteld kan worden of dit opweegt tegen de potentiële extra koolstofvastlegging.

Dat rietzwenk- en roodzwenkgras, maar ook mengsels van grassen en mengsels met klaver of kruiden potentie hebben om meer koolstof vast te leggen kan te maken hebben met verschillende wortelpatronen, en mogelijk ook productiviteit. Zo kunnen klavers in een grasklaver mengsel bijdragen aan een betere stikstofbeschikbaarheid.

Het niet afvoeren van maaisel betekent dat de bovengrondse biomassa op de bodem blijft liggen en vanaf daar ook verteerd kan worden en worden opgenomen in de bodem als organische stof. Hiermee komen ook de voedingsstoffen uit het gras weer ten goede aan de bodem. Het afbreken van het maaisel zorgt echter ook voor wat CO₂ uitstoot.

Naast de benoemde beheermaatregelen blijkt uit de literatuurstudie ook dat een (nieuw) evenwicht van de koolstofbalans vaak pas na 30-45 jaar bereikt wordt.

Op basis van deze literatuurstudie was het nog niet mogelijk om kengetallen over koolstofvastlegging door grasvelden voor de Nederlandse context te kunnen geven.

3 Bemonsteringen in grasproeven om effecten van soorten en rassen te bepalen

In 2021 en 2022 zijn er verschillende grasproeven bemonsterd. Dit had als doel om inzicht te krijgen of er verschil te onderscheiden was tussen verschillende grassoorten en -rassen en hun bijdrage aan koolstofvastlegging. Hierbij is bemonsterd in aflopende CGO proeven. De grassoorten waarnaar is gekeken zijn Engels raaigras, veldbeemdgras, rietzwenkgras en roodzwenkgras.

3.1 Materiaal en methode

Om inzicht te krijgen in de bijdrage van verschillende grassoorten en -rassen aan koolstofvastlegging zijn er grondmonsters genomen onder verschillende plotjes met grassoorten en -rassen. Dit is gedaan met een guts, waarbij de eerste 20 cm van de grond is bemonsterd. Dit is gedaan door een aantal steken met de guts te maken in de betreffende plotjes en hier een mengmonster van te maken. In enkele gevallen is de grond van 0-20 cm bij elkaar genomen, en in andere gevallen is er nog onderscheid gemaakt tussen de 0-10 cm en 10-20 cm laag. Op iedere locatie zijn er ook nog een aantal bulkdichtheid ringen (100cc) gestoken om de bulkdichtheid te bepalen en zo de koolstofvoorraad te kunnen berekenen.

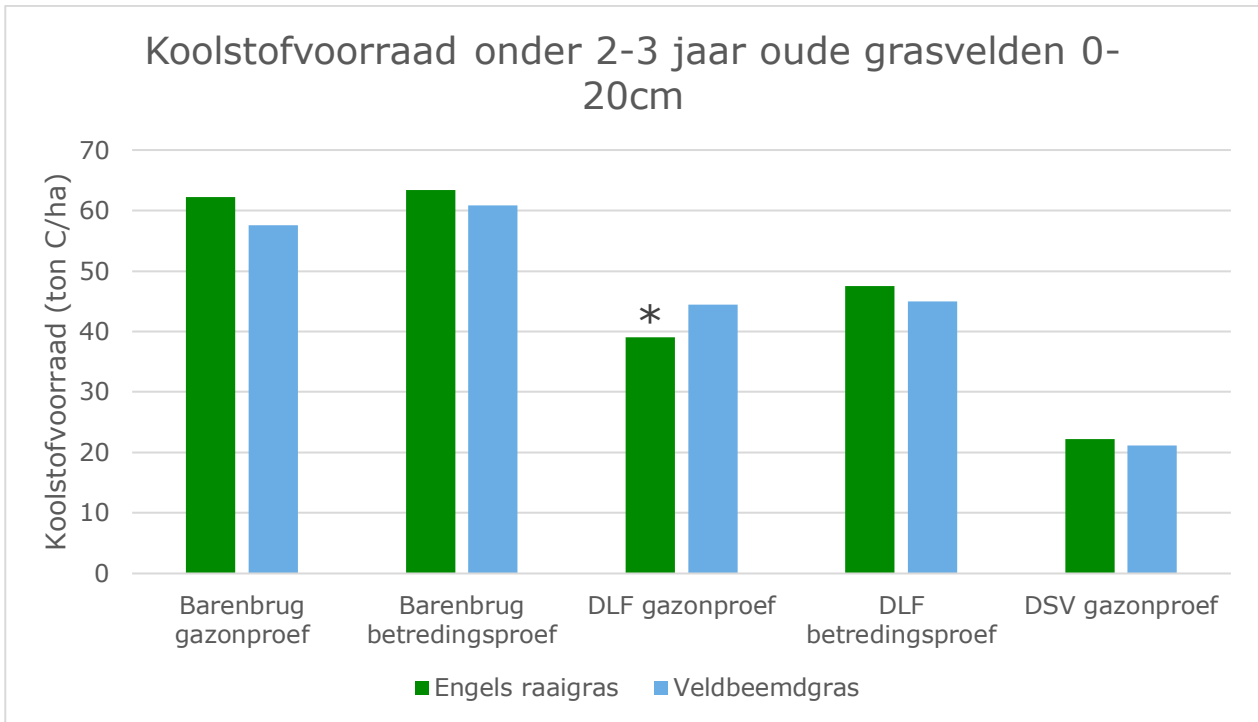
Een meer gedetailleerd meetplan staat in Bijlage 3. De meetresultaten staan in Bijlage 5.

3.2 Resultaten verschillende bemonsteringen

3.2.1 Aflopende CGO proeven juni 2021 bij Barenbrug, DLF en DSV

Medio 2021 zijn er op proefvelden van de deelnemende grasveredelingsbedrijven metingen gedaan naar de koolstofvoorraad in aflopende gazon- en betredingsproeven bij Barenbrug in Wolfheze, DLF in Moerstraten en DSV in Ven-Zelderheide, allen op zandgrond. De voornaamste vraag hierbij was: *'Zijn er na 2-3 jaar in deze proeven al verschillen tussen grassoorten en -rassen te meten?'*

Er is gemeten in verschillende rassen van Engels raaigras (*Lolium perenne*) en veldbeemdgras (*Poa pratensis*). Het koolstofgehalte is hierbij bepaald voor de laag van 0-20 cm. Veel dieper dan 20 cm zijn er in deze proeven geen/weinig wortels te vinden. Ook is de bulkdichtheid van de bodem bepaald om het koolstofgehalte (%) om te rekenen in koolstofvoorraad (ton C/ha).



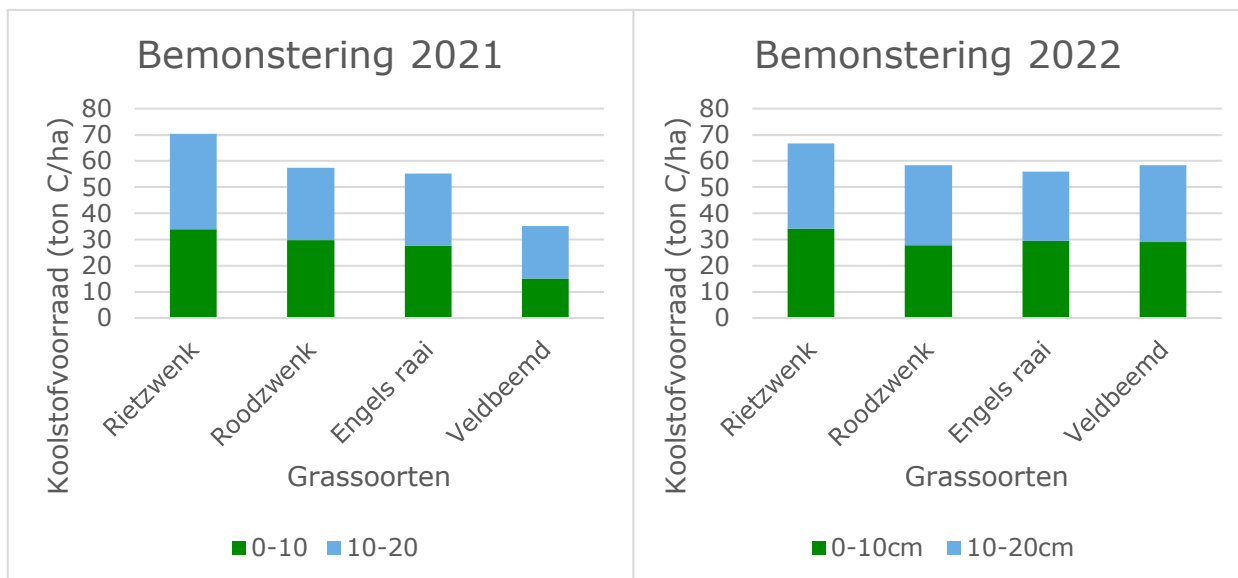
Op basis van de resultaten uit deze serie bemonsteringen zien we een duidelijk verschil in koolstofgehalte tussen de verschillende proeflocaties (Barenbrug, DLF, DSV). Het verschil tussen de 2 grassoorten is echter niet eenduidig. In veel gevallen lijkt de koolstofvoorraad bij Engels raaigras iets hoger, maar deze resultaten zijn niet significant. Bij de gazonproef bij DLF is de koolstofvoorraad in veldbeemdgras hoger dan die van Engels raaigras, en dit is wel significant. Tussen de verschillende rassen van beide soorten zijn geen significante verschillen gevonden.

Al met al, zijn de verschillen te beperkt om op basis hiervan duidelijk uitspraak te doen over een verbeterde koolstofvastlegging van één van deze twee grassoorten. Er zal op lange termijn of onder ander beheer mogelijk nog wel een effect kunnen optreden, maar dit zal naar verwachting geen enorme verschillen geven. In 2021 is hierover ook een nieuwsbericht verschenen, zie [hier](#).

3.2.2 Data uit grasproeven met ook rietzwenk- en roodzwenkgras in 2021 en 2022

In november 2021 en oktober 2022 zijn er ook nog 2 aflopende gazonproeven bemonsterd bij Barenbrug in Wolfheze. Het ging bij deze proef naast Engels Raaigras en veldbeemdgras ook om rietzwenkgras (*Festuca arundinacea*) en roodzwenkgras (*Festuca rubra*). Daarnaast was er in de proef van 2021 ook bij enkele soorten een behandeling met een andere maaihoogte (lang/kort).

Het doel van het bemonsteren van deze proeven was om te onderzoeken of er nog aanwijzingen zijn dat deze 2 andere grassoorten en/of het maaibeheer een effect kunnen hebben, zoals uit de literatuurstudie kwam. Omdat het hier om een relatief beperkt aantal monsters ging, er geen gewarde proef lag tussen de verschillende soorten en enkel op één locatie bemonsterd is, is er geen statistische toets uitgevoerd.



Uit de uitkomsten van de bemonstering lijkt er een trend zichtbaar van een hogere koolstofvoorraad bij rietzwenkgras. In 2021 was het verschil groter dan in 2022, maar in beide was deze duidelijk hoger dan de andere grassoorten. Veldbeemdgras scoorde in 2021 opvallend laag, maar dit was in 2022 niet het geval (en ook niet bij de bemonsterde proeven in juni 2021), dus dat heeft mogelijk een andere verklaring.

In de plots met Engels raai gras en roodzwenkgras van 2021 was er ook nog een behandeling met een verschillende maaihoogte. Hieruit kwamen geen duidelijke verschillen in koolstofvoorraad naar voren.

De bovengenoemde CGO proeven bestonden over het algemeen uit 2-3 jaar oude grasvelden, die ook nog specifiek als proef beheerd werden met als doel 'gazon' of 'betreding'. Het voordeel van deze proeven is dat de soorten en het beheer goed en consistent zijn doorgevoerd. Het is echter niet mogelijk dit direct naar de praktijk te vertalen. Ten eerste omdat het beheer en het gebruik van grasvelden in de praktijk veel wisselender en minder consistent is. Daarnaast is koolstofvastlegging over het algemeen een langjarig proces is, wat pas na jaren een nieuw evenwicht bereikt.

4 Bemonsteringen in grasvelden in de praktijk

In 2021 is er ook bemonsterd in verschillende 'praktijk' grasvelden. Dit had als doel om een inschatting te krijgen van de koolstofvoorraad in grasvelden in de praktijk. Hierbij is er ook nog gekeken naar verschillende vormen van beheer om te kijken of dit nog nieuwe inzichten zou geven in verschillen tussen koolstofvoorraden. De plekken waar is bemonsterd waren stedelijke grasvelden in Zutphen en Utrecht, en de golfbaan bij Golfclub Heelsum.

4.1 Materiaal en methode

Er zijn verschillende grasvelden bemonsterd in de 2 steden Zutphen en Utrecht, alsook op de Golfbaan Heelsum. Het ging hierbij om verschillende grasvelden op verschillende plekken in de stad. De locaties in de steden zijn in overeenstemming met een gemeente medewerker gemaakt om tot representatieve locaties te komen en waar mogelijk verschillende vormen van beheer mee te nemen. Op de golfbaan is overleg geweest met de beheerders van het terrein om te kijken waar er verschillen verwacht konden worden en er is daar ook op stroken met verschillende beheertypen bemonsterd. Met een guts zijn mengmonsters gestoken, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de laag 0-10cm 10-20cm. Vervolgens zijn deze monsters in het lab geanalyseerd op koolstofgehalte. Op iedere locatie zijn er ook nog bulkdichtheid ringen (100cc) gestoken om de bulkdichtheid te bepalen en zo de koolstofvoorraad te kunnen berekenen.

Een overzicht van de bemonsteringslocaties staat in Bijlage 4. De meetresultaten staan in Bijlage 5.

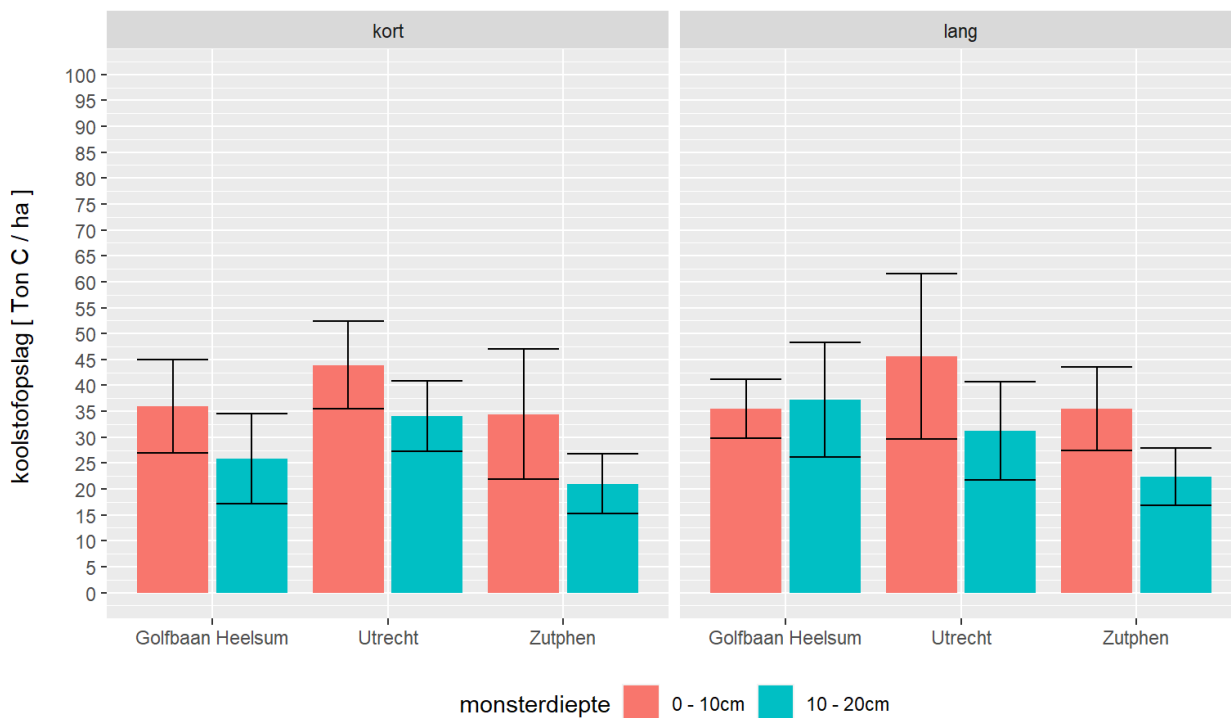
4.2 Resultaten uit bemonstering praktijkvelden

De grootste koolstofvoorraad en organische stofgehalte bevinden zich in de bovenste bodemlaag.

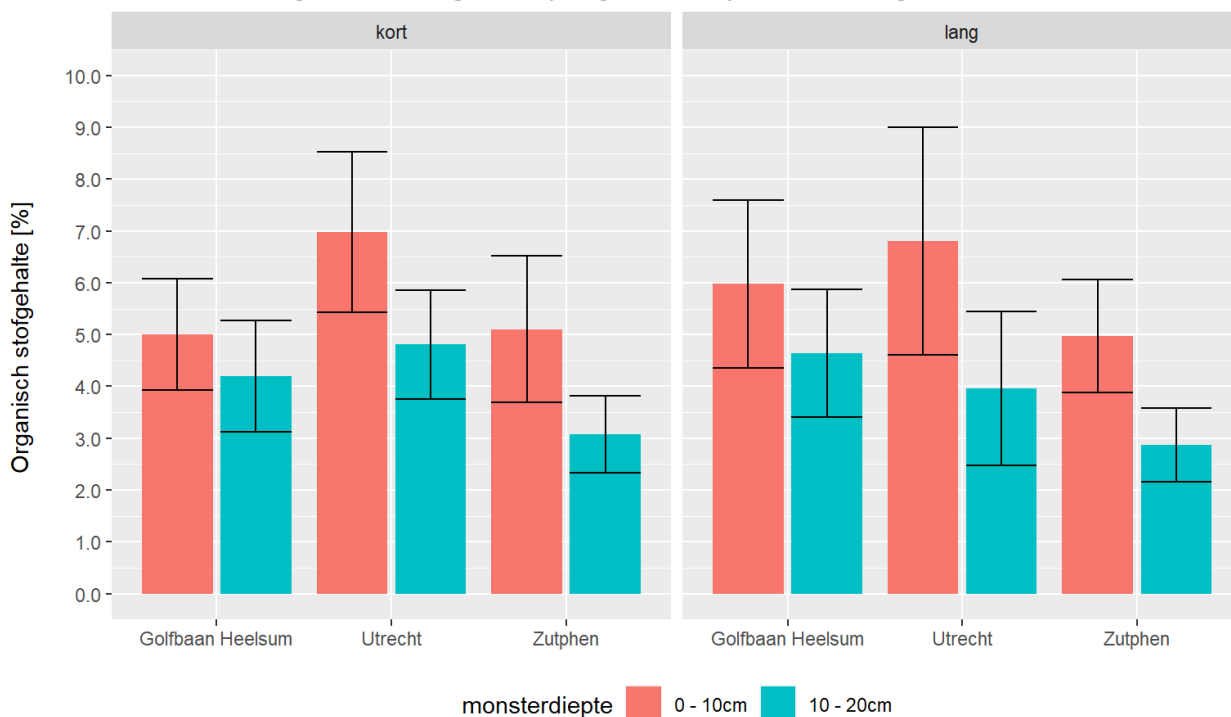
Uit onderstaande grafieken blijkt dat de rode staaf (0-10cm) in bijna alle gevallen boven de blauwe staaf (10-20cm) uitkomt. Dit houdt in dat zowel de koolstofopslag als het organische stofgehalte gemiddeld hoger zijn in de bovenste 10cm, dan in de laag daaronder. Dit is overigens niet verrassend aangezien grassen in de toplaag meestal het meest uitgebreid wortelen en er daarmee meer organische stof achterblijft in deze bovenste laag. Aangezien langjarige grasvelden over het algemeen niet geploegd worden zal de meeste organische stof zich dus opbouwen in de bovenlaag. Vermoedelijk zullen de koolstofvoorraad en het organische stofgehalte onder de 20cm snel afnemen, al is dit afhankelijk van de geschiedenis van de bodem en het wortelpatroon van de grassen en kruiden.

Ook is uit deze grafieken op te maken dat de koolstofvoorraad en het organische stofgehalte vergelijkbare trends laten zien. Dit is logisch, omdat organische stof voor ongeveer 50% uit koolstof bestaat. Toch blijkt uit de data ook dat dit niet altijd 1-op-1 te kopiëren is. De vraag is of dit aan het type organische stof ligt of dat dit ook te maken kan hebben met de lab analyses.

Gemiddelde koolstofvoorraad per gemeente per bodemlaag



Gemiddelde organisch stof gehalte per gemeente per bodemlaag

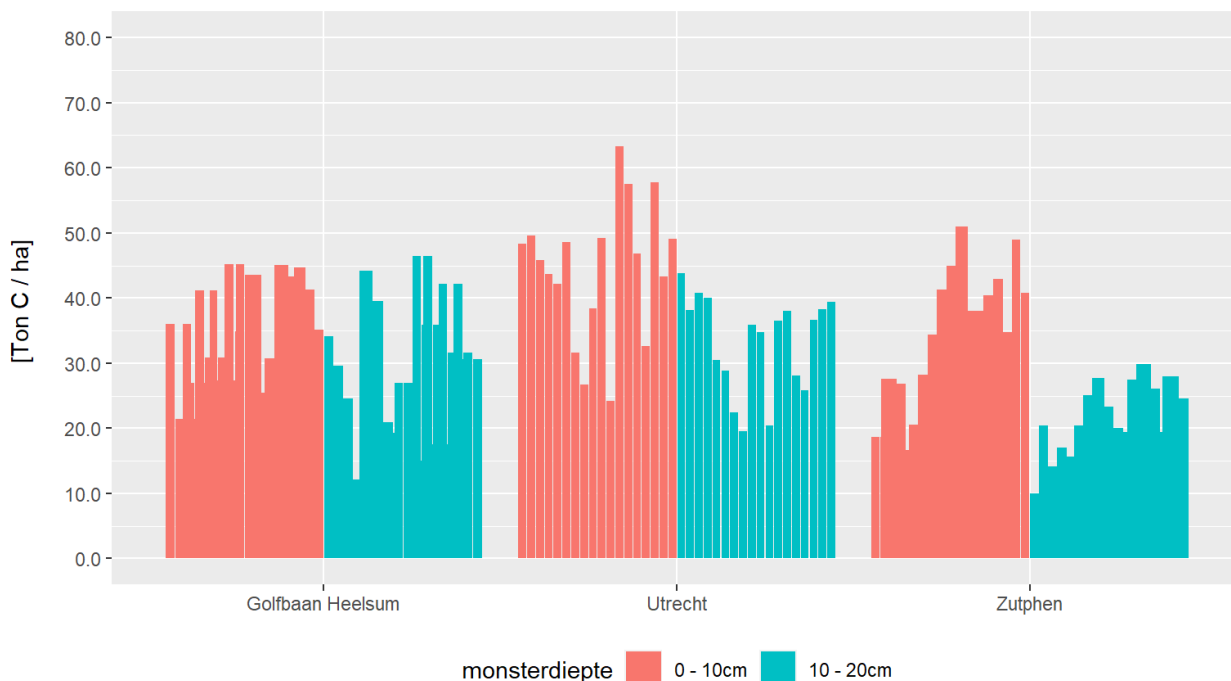


De hoeveelheid koolstof in de bodem varieert sterk tussen verschillende locaties, ook binnen steden.

In onderstaande grafiek zijn de verschillende metingen op de 3 verschillende locaties te zien. Hierin is duidelijk te zien dat er tussen de afzonderlijke locaties grote verschillen zijn. Dit kan met vele facetten te maken hebben, zoals grondsoort, gebruik, maaibeheer, geschiedenis, bodemvocht, bemesting, berekening etc. Het is in de praktijk dus lastig om met een kengetal te komen voor koolstofvoorraad in een grasveld.

Koolstofvoorraad per stad / golfbaan

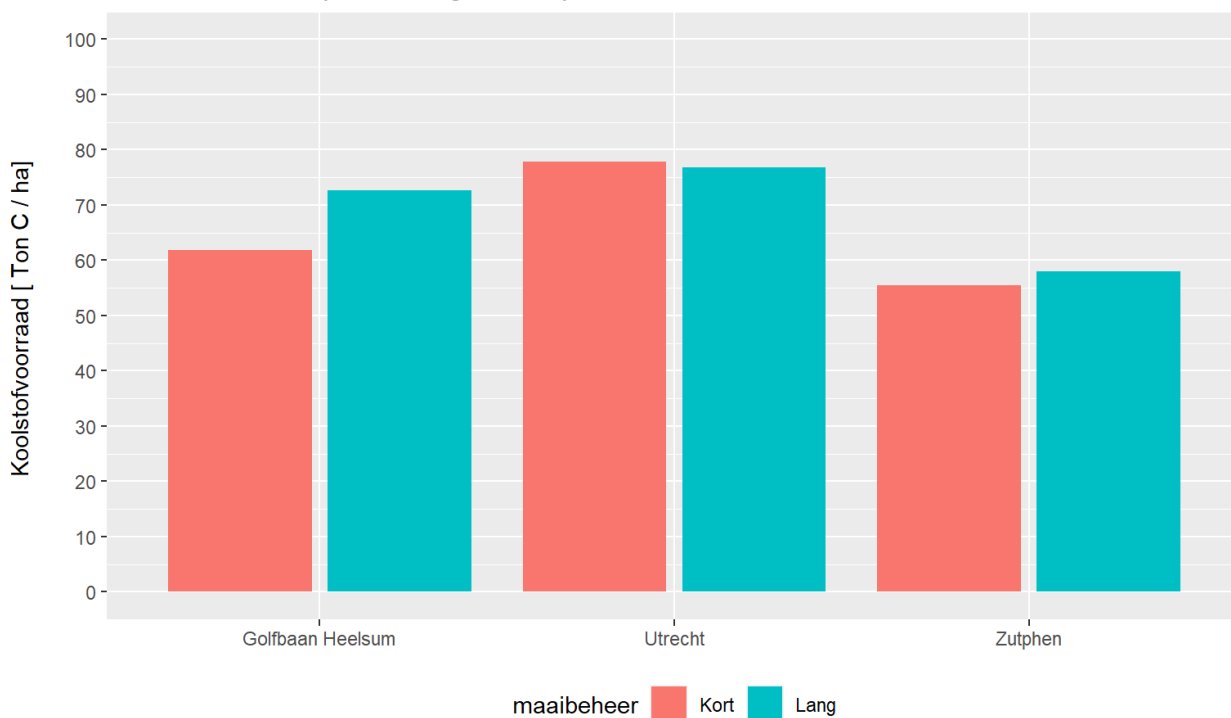
individuele monsterlocaties

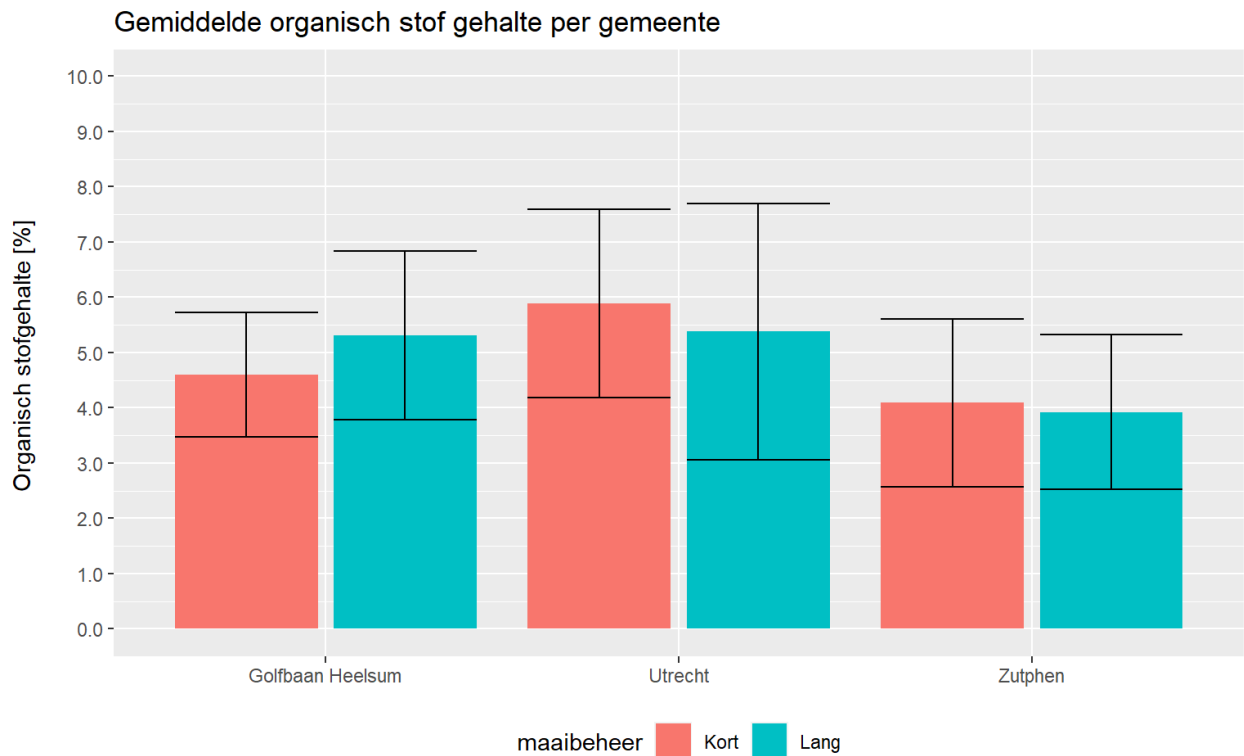


Er lijken wel enige verschillen tussen een korter of langer maaibeheer, maar dit lijkt niet evident.

Een grote vraag voor deze praktijkbemonstering was of er verschillen in koolstofvoorraad te zien waren bij een verschillend maaibeheer. Ook al viel het maaibeheer bij de verschillende locaties niet altijd even makkelijk te onderscheiden in 'kort' en 'lang', is hier wel een grove indeling van gemaakt na overleg met het groenbeheer van de gemeentes en de golfbaan. Op de golfbaan lijkt er een trend te zijn van een hogere koolstofvoorraad bij een 'lang' maaibeheer, wat hier betekent minder frequent en hogere maaivoogte, al is niet uit te sluiten dat dit ook andere oorzaken heeft. In zowel Utrecht en Zutphen lijkt dit verschil echter niet evident en is er een grote variatie. Hier kunnen dus nog geen duidelijke conclusies aan verbonden worden.

Koolstofvoorraad per stad / golfbaan per hectare in de bovenste 20 cm bodem





De koolstofvoorraad in de bemonsterde praktijk grasvelden varieert van gemiddeld 50 tot 80 ton koolstof uitgedrukt per hectare.

Ook al was er tussen de individuele metingen en locaties een grote variatie, lag de gemiddelde koolstofvoorraad onder deze praktijk grasvelden tussen de 50 en 80 ton C/ha. Dit lijkt gemiddeld iets hoger te liggen dan de gemeten koolstofvoorraden in de CGO proeven, op enkele uitzonderingen daargelaten. Dit kan komen door de grondsoort en omstandigheden, maar mogelijk ook doordat de praktijk grasvelden langjarig grasveld zijn in tegenstelling tot de CGO proeven, die 2-3 jaar oud waren. Dit roept vervolgvragen op over hoe groot het effect van het gras op deze koolstofvoorraad is (geweest) en in hoeverre de omstandigheden en bodemkenmerken hier een rol in spelen.

Kijkend naar het organische stofgehalte in de bemonsterde praktijkvelden is dit gemiddeld 4% tot 6% organische stof.

5 Discussie en conclusies

Het onderzoek van de eerste 3 jaren van de PPS heeft al veel inzichten gegeven in de koolstofvastlegging onder grasvelden. Het is duidelijk dat de koolstofvastlegging onder grasvelden niet eenvoudig geüniformeerd kan worden tot 1 kengetal. Dit komt omdat de daadwerkelijke vastlegging van heel veel verschillende factoren afhangt. Veel van deze factoren zijn niet eenvoudig beïnvloedbaar (bijv. grondsoort, geschiedenis, waterpeil). Onderhoud is wel beïnvloedbaar, maar maatregelen als b.v. bemesting en beregening om de groei te bevorderen en daarmee de koolstofopbouw zorgen zelf veelal voor CO₂ uitstoot.

Met de bemonsteringen hebben we aan kunnen tonen dat in de laag van 0-20 cm 50 tot 80 ton C/ha aanwezig is. Vooral omdat we niet weten hoeveel koolstof er in de bodem aanwezig was voor de aanleg van de grasvelden kunnen we geen uitspraken doen over hoeveel koolstof er door het gras zelf is vastgelegd. Deze vraag is tot dusver onbeantwoord gebleven.

Enkele eenvoudiger beïnvloedbare factoren zoals maaibeheer en soortenkeuze hebben we wel kunnen onderzoeken. Tussen Engels raaigras, veldbeemdgras en roodzwenkgras lijken geen grote verschillen te bestaan, maar rietzwenkgras lijkt wel een hogere koolstofvastlegging te hebben, al zou dit verder onderzocht moeten worden om dit echt hard te maken. Verschil in maaibeheer gaf geen duidelijke verschil koolstofopslag.

Het is echter de vraag of het verschil tussen grassoorten groot en interessant genoeg is om hier specifiek op in te zetten bij de inrichting van grasvelden. Het zou meegenomen kunnen worden als meekoppelkans, maar de gebruiksdoelen en andere functies zullen leidend zijn en blijven. De waarde van rietzwenkgras en het huidige raseraanbod is (nog) niet op het niveau van de andere grassoorten als het gaat om bespelingstolerantie en zodevorming om deze geheel te vervangen. Maar rietzwenkgras kan voor bepaalde gebruiksdoelen zeker wel een deel van het ingezaaide mengsel innemen.

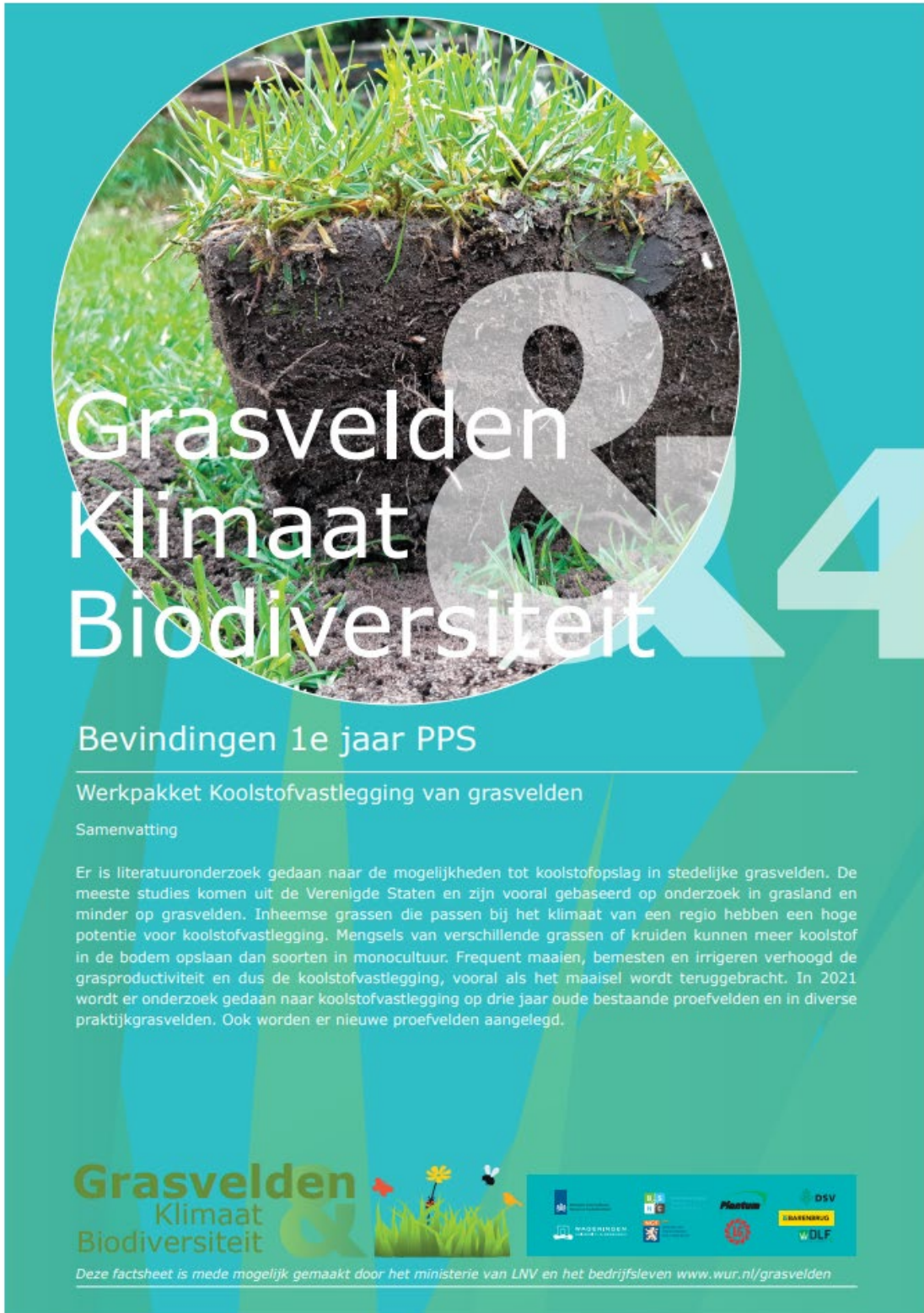
Het lijkt daarom mogelijk voor de hand te liggen om grasvelden in z'n algemeenheid te beschouwen en geen sterk onderscheid te maken tussen verschillende soorten en beheer ten behoeve van (extra) koolstofvastlegging, met mogelijk wel een uitzondering voor rietzwenkgras.

De belangrijke vraag die onbeantwoord is gebleven in dit onderzoek is hoeveel gras(velden) nou effectief bij kunnen dragen aan extra koolstofopslag in de bodem.

Een ander interessante vraag gezien de stedelijke inrichting is in hoeverre de koolstofvoorraad onder stedelijke grasvelden zich verhoudt tot andere soorten van stedelijk groen, zoals struiken, bomen, bloemenranden. Ligt deze hoger of mogelijk juist lager en kan dit dus wel of niet een argument zijn om stedelijke grasvelden te promoten.

Literatuur

- Causarano, H. J., Franzluebbbers, A. J., Reeves, D. W., Shaw, J. N., & Norfleet, M. L. (2005). Potential for soil carbon sequestration in cotton production systems of the southeastern USA. In Proceedings of the Beltwide Cotton Conference, New Orleans Louisiana (pp. 2492-2499).
- Van der Schoot, J.R., & Dekkers, M.S. (2021). Bevindingen 1e jaar PPS Grasvelden, Klimaat & Biodiversiteit. Werkpakket koolstofvastlegging in grasvelden. *Wageningen University & Research*.
<https://edepot.wur.nl/547243>



Grasvelden Klimaat Biodiversiteit

Bevindingen 1e jaar PPS

Werkpakket Koolstofvastlegging van grasvelden

Samenvatting

Er is literatuuronderzoek gedaan naar de mogelijkheden tot koolstofopslag in stedelijke grasvelden. De meeste studies komen uit de Verenigde Staten en zijn vooral gebaseerd op onderzoek in grasland en minder op grasvelden. Inheemse grassen die passen bij het klimaat van een regio hebben een hoge potentie voor koolstofvastlegging. Mengsels van verschillende grassen of kruiden kunnen meer koolstof in de bodem opslaan dan soorten in monocultuur. Frequent maaien, bemesten en irrigeren verhoogd de grasproductiviteit en dus de koolstofvastlegging, vooral als het maaisel wordt teruggebracht. In 2021 wordt er onderzoek gedaan naar koolstofvastlegging op drie jaar oude bestaande proefvelden en in diverse praktijkgrasvelden. Ook worden er nieuwe proefvelden aangelegd.

**Grasvelden
Klimaat
Biodiversiteit**



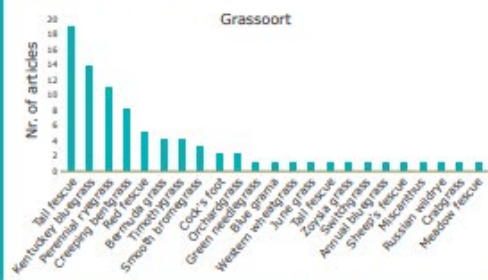
Deze factsheet is mede mogelijk gemaakt door het ministerie van LNV en het bedrijfsleven www.wur.nl/grasvelden

Literatuur analyse

Er is in wetenschappelijke literatuur gezocht naar studies met betrekking tot koolstofvastlegging in stedelijke grasvelden met verschillende grassoorten en gebruiksfuncties. In totaal zijn 41 studies geanalyseerd.

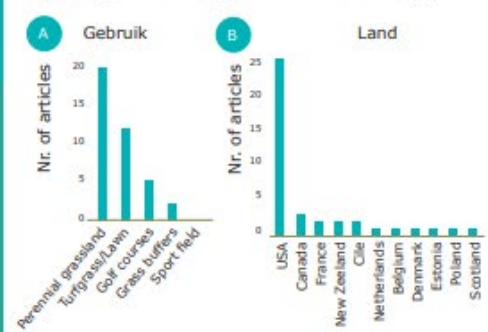
De grassoorten die in de literatuur veel terugkomen zijn de in onze klimaatzone bekende sportveld- en gazongrassen, zoals rietzwenkgras, veldbeemdgras, Engels raaigras en wit struisgras (Figuur 1).

Figuur 1] Aantal studies die zijn meegenomen in de literatuur analyse per grasoort.



In de geanalyseerde studies is het vaakst onderzoek gedaan naar permanent grasland (Figuur 2a). Er zijn geen studies gevonden naar koolstofvastlegging in sportvelden.

Figuur 2^a] Aantal studies die zijn meegenomen in de literatuur analyse per gebruiksfunctie (A) en land van herkomst (B).



Verreweg de meeste studies komen uit de Verenigde Staten (Figuur 2b). We hebben, met enkele uitzonderingen, alleen studies uit regio's met een gematigd of landklimaat meegenomen in de analyse. Er is in Europa weinig over koolstofvastlegging in grasvelden gepubliceerd.

Verschil tussen grassoorten

In een gematigd klimaat leggen C3 grassen zoals rietzwenkgras, veldbeemdgras, Engels raaigras en wit struisgras meer koolstof vast in de bodem, terwijl C4 grassen zoals bermudagrass meer koolstof vastleggen in aride of tropische klimaten. Inheemse

grassen kunnen productiever zijn en meer koolstof vastleggen dan uitheemse grassen. Voor een hoge potentiële koolstofvastlegging is het dus van belang om een grasoort te kiezen die bij het klimaat en de regio past. Rietzwenkgras en roodzwenkgras lijken beiden meer koolstof vast te kunnen leggen dan bijvoorbeeld veldbeemdgras en Engels raaigras.

Effect van organische stof op gebruik

Een verhoging van de organische stof fractie in de bodem kan zorgen voor verstopte poriën en daardoor beperkte drainage en gasuitwisseling in de wortelzone. Dit kan de kwaliteit van de graszode verlagen en invloed hebben op de bespeelbaarheid van bijvoorbeeld sportvelden. Het is bekend dat het organische stofgehalte in de bodem van sportvelden vaak rond de 4% wordt gehouden.

Gras- en kruidenmengsels

Verschillende grassoorten in een mengsel of het toevoegen van kruiden aan een grasveld kan de opslag van koolstof verhogen. Een grasklaver kan de koolstofvastlegging ook verhogen.

Beheer

Frequent maaien, bemesten en irrigeren verhoogt de productie van een grasveld en kan daardoor ook de koolstofvastlegging verhogen. Vooral als het maaisel niet wordt afgevoerd kan de koolstofopslag toenemen. Bij deze beheer-maatregelen komt echter ook CO₂ vrij, wat op de lange termijn de koolstofopslag overschrijft. Grasvelden met verschillende gebruiksfuncties hebben vaak een specifiek beheer, denk aan golfbanen, voetbalvelden en berm. Er is echter geen specifieke literatuur gevonden wat betreft de koolstofvastlegging in relatie tot gebruiksfunctie.

Evenwicht in koolstofopslag

De jaarlijkse toename in koolstofopslag is het hoogst in de eerste jaren na het inzaaien van het grasveld. In de loop van de jaren vlakkt de toename in koolstofopslag af, tot er een evenwicht in de bodem is bereikt. Wanneer dit evenwicht bereikt wordt verschilt tussen grassoorten en omstandigheden, maar ligt vaak tussen de 30-45 jaar.

Proeven in 2021

Er worden in 2021 veldproeven gedaan op drie jaar oude proefvelden met verschillende grassoorten, koolstofmetingen op praktijkgrasvelden en nieuwe proefvelden aangelegd, waar in de komende jaren koolstofopslag gemeten kan worden.

Meer info | Jan Rinze van der Schoot T | +31 (0) 320291359 E | janrinze.vanderschoot@wur.nl 2021
Maria-Franca Dekkers T | +31 (0) 634031350 E | maria-franca.dekkers@wur.nl
Bekijk hier de uitgebreide PowerPoint presentatie: <https://edepot.wur.nl/545767>

Bijlage 2 Literatuuronderzoek

Contents

Hoofdstuk 1. Literatuur onderzoek	21
Hoofdstuk 2. Hoofd conclusies uit de literatuur	24
Q1. Wat is de hoeveelheid C in grasvelden, zowel in bodem als in de wortel en spruit?	24
Q2. Wat is het onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden van verschillende grassoorten?.....	33
Q3. Is er onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden met een verschillende gebruiksfunctie? (park, sport, berm, etc.)	35
Q4. Is er onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden met een verschillende ondergrond? (zand, klei, etc.)	35
Q5. Wat is het effect van verhoging van organische stof op het gebruik van grasvelden?..	36
Q6. Heeft een mengsel van gras en kruiden een andere hoeveelheid C, vergeleken met puur gras?.....	37
Q7. Wat is het effect van beheer op de hoeveelheid C in een grasveld? (bemesting, maai strategie, irrigatie)	39
Q8. Hoe lang na het inzaaien is er een evenwicht bereikt voor C in de bodem en in het gras?	44
Hoofdstuk 3. Samenvatting van conclusies en suggesties voor verder onderzoek	45
Q1. Wat is de hoeveelheid C in grasvelden, zowel in bodem als in de wortel en spruit?	45
Q2. Wat is het onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden van verschillende grassoorten?.....	45
Q3. Is er onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden met een verschillende gebruiksfunctie? (park, sport, berm, etc.)	46
Q4. Is er onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden met een verschillende ondergrond? (zand, klei, etc.)	46
Q5. Wat is het effect van verhoging van organische stof op het gebruik van grasvelden?..	47
Q6. Heeft een mengsel van gras en kruiden een andere hoeveelheid C, vergeleken met puur gras?.....	47
Q7. Wat is het effect van beheer op de hoeveelheid C in een grasveld? (maai strategie, bemesting, irrigatie)	48
Q8. Hoe lang na het inzaaien is er een evenwicht bereikt voor C in de bodem en in het gras?	49
Referenties	50

Literatuur onderzoek

Voor het literatuuronderzoek is gebruik gemaakt van CAB Abstracts. Ten eerste zijn zoektermen in het Engels, Duits en Nederlands gebruikt om te zoeken op grassoorten. Vervolgens is de zoekopdracht specifiek gemaakt met zoektermen voor koolstof.

Zoekterm grassoorten:

"Engels raaigras" OR "Veldbeemdgras " OR "Rietzwenkgras" OR "Roodzwenkgras " OR "Gewoon roodzwenkgras" OR "Met fijne uitlopers" OR "Met forse uitlopers " OR "Struisgras" OR "Gewoon struisgras" OR "Wit struisgras" OR "Hardzwenkgras" OR "Gewoon schapegras" OR "Fijnbladig schapegras" OR "Ruwe smele" OR "Fakkelgras" OR "Westerwolds raaigras" OR "Lolium perenne" OR "Poa pratensis" OR "Festuca arundinacea" OR "Festuca rubra" OR "Festuca rubra commutata" OR "Festuca rubra trichophylla" OR "Festuca rubra litoralis" OR "Festuca rubra rubra" OR "Agrostis" OR "Agrostis tenuis" OR "Agrostis capillaris" OR "Festuca trachyphylla" OR "Festuca longifolia" OR "Agrostis stolonifera" OR "Festuca filiformis" OR "Festuca ovina *duriuscula" OR "Festuca ovina *vulgaris" OR "Festuca tenuifolia" OR "Deschampsia cespitosa" OR "Koeleria macrantha" OR "Lolium multiflorum" OR "Perennial ryegrass" OR "Smooth*stalked meadow*grass" OR "Kentucky Bluegrass" OR "Tall fescue" OR "Red fescue" OR "Chewing fescue" OR "Slender creeping red fescue" OR "Strong creeping red fescue" OR "Bent" OR "Browntop bent" OR "Common bent" OR "Creeping bent" OR "Fiorin" OR "Hard fescue" OR "Sheep's fescue" OR "Fineleaved sheep's fescue" OR "Tufted hair*grass" OR "Crested hair*grass" OR "Westerwold ryegrass" OR "Deutsches Weidelgras" OR "Wiesenrispe" OR "Rohrschwengel" OR "Rotschwengel" OR "Horstrotschwengel" OR "Rotschwengel mit kurzen Ausläfern" OR "Ausläferrotschwengel" OR "Strausgras" OR "Gemeines Strausgras" OR "Flechtstrausgras" OR "Härtlicher Schwengel" OR "Schafschwengel" OR "Haar*Schafschwengel " OR "Rasenschmiele" OR "Zarte Kammschmiele" OR "Einjähriges Weidelgrass"

Zoekterm koolstof:

"koolstof" OR "koolstofopslag" OR "koolstofput" OR "koolstof balans" OR "organische stof" OR "bodem organische koolstof" OR "koolstof budget" OR "carbon" OR "carbon sequestration" OR "carbon sink" OR "carbon balance" OR "organic matter" OR "SOM" OR "soil organic carbon" OR "SOC" OR "carbon budget" OR "kohlenstoff" OR "kohlenstoff-fixierung" OR "kohlenstoffsente" OR "kohlenstoffbilanz" OR "organische Substanz" OR "organischer Kohlenstoff im Boden" OR "kohlenstoffbudget"

Selectie van literatuur

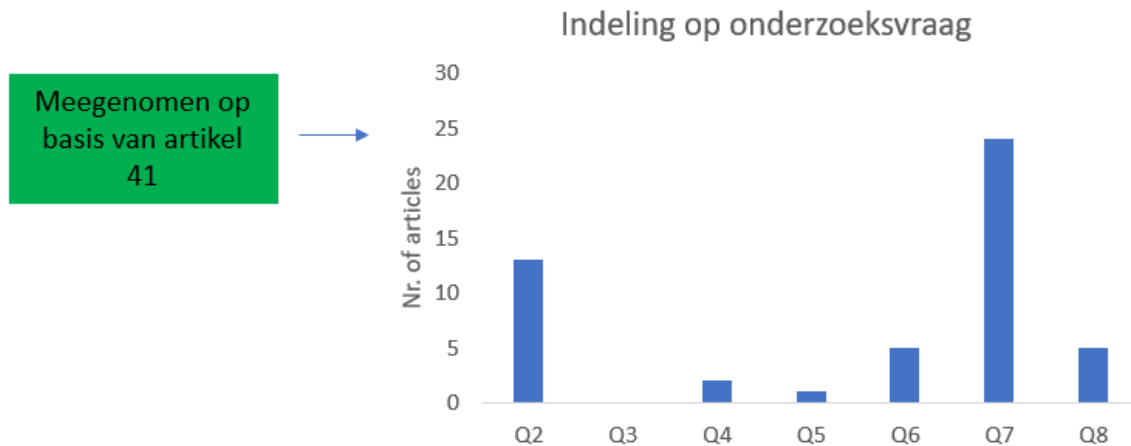
Uit de literatuur die naar voren kwam, is eerst een selectie gemaakt op basis van de titel. Alleen literatuur uit gebieden met een gematigd- of landklimaat is meegenomen. Alleen Engelse, Nederlandse of Duitse literatuur is meegenomen. Literatuur voor 1975 is niet meegenomen. Daarnaast viel er veel literatuur af omdat het niet relevant was. Vervolgens is er een selectie gemaakt op basis van het lezen van de abstract. Hier viel ook weer een groot deel van de literatuur af, voornamelijk vanwege relevantie of niet de geschikte klimaat regio. Tenslotte zijn de overgebleven literatuur volledig geanalyseerd. Ook hierbij vielen er weer artikelen af. Zie Figuur 1.

Onderzoeksvragen:

- Hoofdvraag Q1: Wat is de hoeveelheid C in grasvelden, zowel in bodem als in de wortel en spruit?
- Q2: Wat is het onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden van verschillende grassoorten?
- Q3: Is er onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden met een verschillende gebruiksfunctie? (park, sport, berm, etc.)
- Q4: Is er onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden met een verschillende

- ondergrond? (zand, klei, etc.)
- Q5: Wat is het effect van verhoging van organische stof op het gebruik van grasvelden?
- Q6: Heeft een mengsel van gras en kruiden een andere hoeveelheid C, vergeleken met puur gras?
- Q7: Wat is het effect van beheer op de hoeveelheid C in een grasveld? (bemesting, maai strategie, irrigatie)
- Q8: Hoe lang na het inzaaien is er een evenwicht bereikt voor C in de bodem en in het gras?

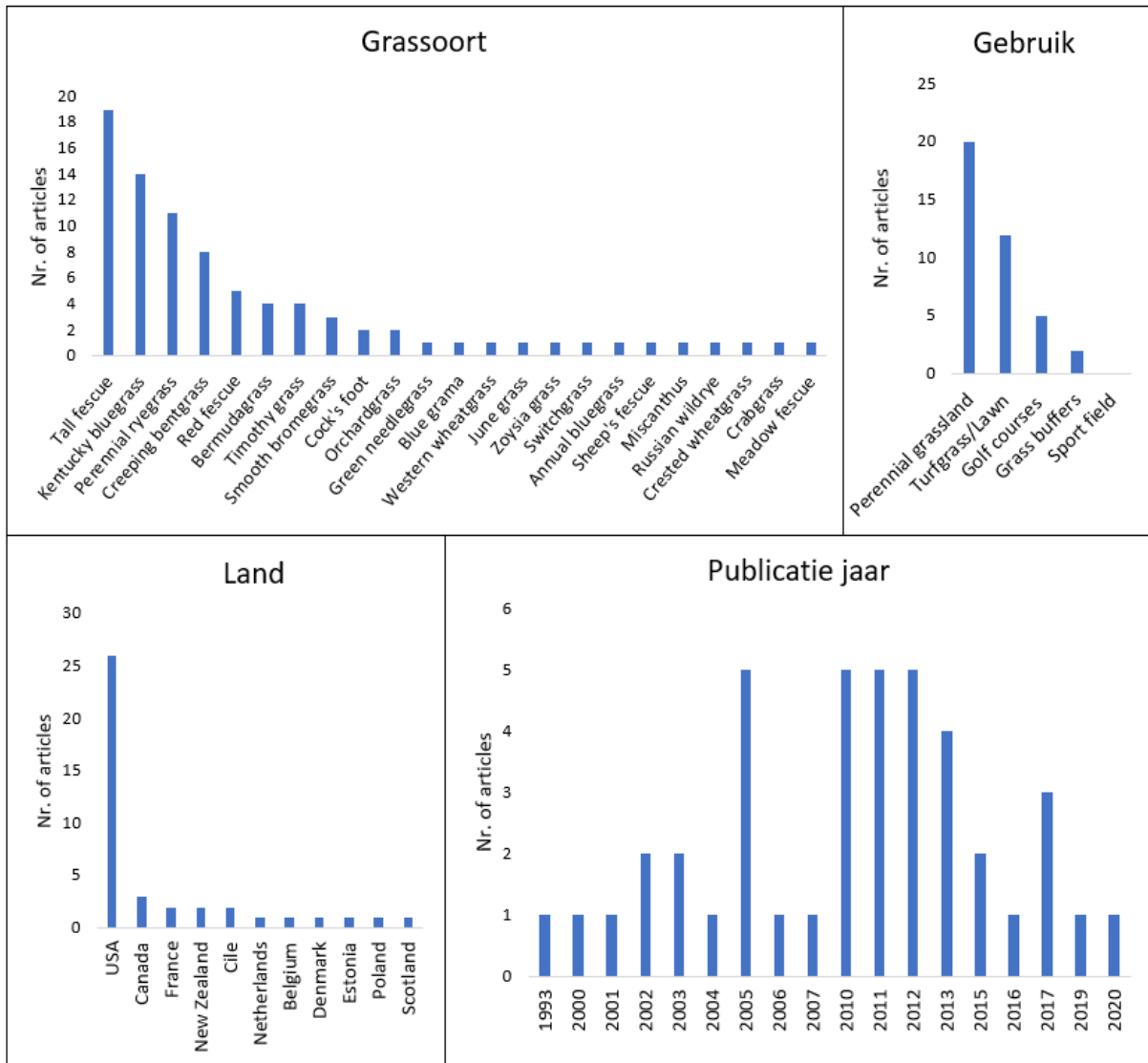
Figuur 2. Aantal artikelen dat in gaat op de verschillende onderzoeksvragen. Artikelen kunnen ingaan op meerdere onderzoeksvragen.



Meta-analyse van de literatuur

Hieronder een overzicht van de verdeling van de studies over de landen waar het onderzoek is gedaan, het jaar waarin de studie gepubliceerd is, de grassoorten die in de studie onderzocht wordt en het gebruikstype voor het gras dat onderzocht wordt (Figuur 3).

Figuur 3. Verdeling van studies over grassoort, gebruik, land en publicatie jaar.



Hoofd conclusies uit de literatuur

5.1 Q1. Wat is de hoeveelheid C in grasvelden, zowel in bodem als in de wortel en spruit?

Auteurs	Jaar	Kern bevindingen																																																							
Singh et al.	2019	<p>SOC (g/kg) onder graszode die beheerd wordt als gazon na 5 jaar:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Diepte</th> <th>0-5 cm</th> <th>5-15 cm</th> <th>15-30 cm</th> <th>Totaal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tall fescue (C3)</td> <td>21,8</td> <td>8,9</td> <td>5,3</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>Kentucky blue grass (C3)</td> <td>16,9</td> <td>13,1</td> <td>8,9</td> <td>38,9</td> </tr> <tr> <td>Bermuda grass (C4)</td> <td>9,3</td> <td>4,5</td> <td>2,7</td> <td>16,5</td> </tr> </tbody> </table>	Diepte	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm	Totaal	Tall fescue (C3)	21,8	8,9	5,3	36	Kentucky blue grass (C3)	16,9	13,1	8,9	38,9	Bermuda grass (C4)	9,3	4,5	2,7	16,5																																			
Diepte	0-5 cm	5-15 cm	15-30 cm	Totaal																																																					
Tall fescue (C3)	21,8	8,9	5,3	36																																																					
Kentucky blue grass (C3)	16,9	13,1	8,9	38,9																																																					
Bermuda grass (C4)	9,3	4,5	2,7	16,5																																																					
Law & Patton	2017	<p>SOC accumulatie in kg c/ha/jaar voor een gazon met kentucky blue grass (C3) is 1408 en voor tall fescue (C3) 1629. Netto koolstof accumulatie na het aftrekken van uitstoot door maaien, bemester, irrigatie en pesticide gebruik is voor kentucky blue grass 880-1065 en voor tall fescue 1087-1272, afhankelijk van maai en bemesting frequentie en pesticide gebruik.</p>																																																							
Acuna et al.	2017	<p>SOC in ton/hectare voor gazon met verschillende gras soorten in verschillende seizoenen:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Lente 2010</th> <th>Herfst 2011</th> <th>Lente 2011</th> <th>Herfst 2012</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kale grond</td> <td>1,7</td> <td>1,9</td> <td>1,8</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>Kentucky bluegrass (C3)</td> <td>2,1</td> <td>2,3</td> <td>2,2</td> <td>2,4</td> </tr> <tr> <td>Poa trivialis (C3)</td> <td>2</td> <td>1,8</td> <td>2,3</td> <td>2,2</td> </tr> <tr> <td>English ryegrass cv DerbyXtreme (C3)</td> <td>2,1</td> <td>2,2</td> <td>2,2</td> <td>2,6</td> </tr> <tr> <td>English ryegrass cv Premier II (C3)</td> <td>2,4</td> <td>1,9</td> <td>2,5</td> <td>2,4</td> </tr> <tr> <td>Red fescue (C3)</td> <td>2,1</td> <td>2,3</td> <td>2,1</td> <td>2,3</td> </tr> <tr> <td>Tall fescue cv Cochise (C3)</td> <td>2,6</td> <td>2,2</td> <td>2,5</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>Tall fescue cv Bingo (C3)</td> <td>1,7</td> <td>2,2</td> <td>2,6</td> <td>2,7</td> </tr> <tr> <td>Common bermuda (C4)</td> <td>2</td> <td>2,1</td> <td>2,4</td> <td>2,3</td> </tr> <tr> <td>Hybrid bermuda (C4)</td> <td>1,9</td> <td>2,1</td> <td>1,9</td> <td>2,5</td> </tr> </tbody> </table>		Lente 2010	Herfst 2011	Lente 2011	Herfst 2012	Kale grond	1,7	1,9	1,8	0,9	Kentucky bluegrass (C3)	2,1	2,3	2,2	2,4	Poa trivialis (C3)	2	1,8	2,3	2,2	English ryegrass cv DerbyXtreme (C3)	2,1	2,2	2,2	2,6	English ryegrass cv Premier II (C3)	2,4	1,9	2,5	2,4	Red fescue (C3)	2,1	2,3	2,1	2,3	Tall fescue cv Cochise (C3)	2,6	2,2	2,5	2,5	Tall fescue cv Bingo (C3)	1,7	2,2	2,6	2,7	Common bermuda (C4)	2	2,1	2,4	2,3	Hybrid bermuda (C4)	1,9	2,1	1,9	2,5
	Lente 2010	Herfst 2011	Lente 2011	Herfst 2012																																																					
Kale grond	1,7	1,9	1,8	0,9																																																					
Kentucky bluegrass (C3)	2,1	2,3	2,2	2,4																																																					
Poa trivialis (C3)	2	1,8	2,3	2,2																																																					
English ryegrass cv DerbyXtreme (C3)	2,1	2,2	2,2	2,6																																																					
English ryegrass cv Premier II (C3)	2,4	1,9	2,5	2,4																																																					
Red fescue (C3)	2,1	2,3	2,1	2,3																																																					
Tall fescue cv Cochise (C3)	2,6	2,2	2,5	2,5																																																					
Tall fescue cv Bingo (C3)	1,7	2,2	2,6	2,7																																																					
Common bermuda (C4)	2	2,1	2,4	2,3																																																					
Hybrid bermuda (C4)	1,9	2,1	1,9	2,5																																																					
Ferchaud et al.	2016	<p>SOC tot 60 cm diepte en C content in gewasresten die op de bodem liggen en in wortels en rizomen in ton/hectare, in een permanent grasland met twee soorten gras en vroeg of late oogst:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>SOC 0-60 cm depth</th> <th>C content in crop residue</th> <th>C content in roots and rhizomes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Miscanthus (C4) early harvest</td> <td>70,70</td> <td>3,98</td> <td>9,29</td> </tr> <tr> <td>Miscanthus (C4) late harvest</td> <td>66,75</td> <td>7,20</td> <td>10,52</td> </tr> <tr> <td>Switchgrass (C4) early harvest</td> <td>68,10</td> <td>3,47</td> <td>6,78</td> </tr> <tr> <td>Switchgrass (C4) late harvest</td> <td>67,71</td> <td>4,32</td> <td>6,78</td> </tr> </tbody> </table>		SOC 0-60 cm depth	C content in crop residue	C content in roots and rhizomes	Miscanthus (C4) early harvest	70,70	3,98	9,29	Miscanthus (C4) late harvest	66,75	7,20	10,52	Switchgrass (C4) early harvest	68,10	3,47	6,78	Switchgrass (C4) late harvest	67,71	4,32	6,78																																			
	SOC 0-60 cm depth	C content in crop residue	C content in roots and rhizomes																																																						
Miscanthus (C4) early harvest	70,70	3,98	9,29																																																						
Miscanthus (C4) late harvest	66,75	7,20	10,52																																																						
Switchgrass (C4) early harvest	68,10	3,47	6,78																																																						
Switchgrass (C4) late harvest	67,71	4,32	6,78																																																						

		In een periode van 5 jaar is de SOC concentratie onder permanent grasland verhoogd in de 0-5 cm bodem laag en licht gedaald in de diepere bodem lagen																												
Sanullah et al.	2013	Koolstof inhoud in bovengronds materiaal van tall fescue (C3) en cock's foot (C3) in een permanent grasland, onder wel of geen hitte stress en wel of geen droogte. Hitte verhoogt de inhoud van niet-cellulose houdende koolhydraten voor cock's foot en verlaagd de lignine inhoud van beide grassen. Droogte verlaagd de C/N verhouding van beide grassen.																												
Zhang et al.	2013	Koolstof opslag in een gazon met Kentucky blugrass (C3) is gemodelleerd voor 40 jaar. Na 40 jaar is de opslag 32,1 - 32,6 Mg/hectare in de bovenste 20 cm van de bodem.																												
Selhorst & Lal	2013	Voor vele gazons in de Verenigde Staten (onduidelijk welke grassoort), is de gemiddelde koolstof opslag in de bovenste 15 cm van de bodem 2.8 Mg C/ha/j. Gemiddeld is de potentiële zink capaciteit 45.8 Mg C/ha. Echter, onderhoud van het gazon, zoals irrigatie en bemesting stoten CO2 uit. Dit kan er voor zorgen dat het gazon op de lange termijn (gemiddeld na 170-200 jaar) een bron ipv een zink wordt.																												
Carley et al.	2011	In 49 verschillende golf velden met Creeping bentgrass (C3) is de koolstof accumulatie over de eerste 25 jaar gemiddeld 1465 g/m2. Dit is 59 g/m2/jaar. De curve van koolstof accumulatie verloopt hyperbolisch.																												
Kumar et al.	2011	In grasbuffers met tall fescue (C3) en rode klaver was de koolstof inhoud van de wortels 32.2%. De SOC was 0.86%.																												
Carter & Gregorich	2010	In a permanent gras land met tall fescue is de SOC in de 0-60 cm laag na 7 jaar verhoogd met 23%; dit is een toename van 16.5 Mg C/ha. Echter, als er wordt gecorrigeerd voor de bulk dichtheid van de bodem dan gaat het om een toename van 17%, wat correspondeert met 12.8 Mg C/ha. In dit experiment worden de wortels niet uit het bodem monster gezeefd, maar ook meegenomen bij het bepalen van SOC.																												
Skinner	2007	De CO2 emissie van een permanent grasveld met onder andere orchardgrass, tall fescue, smooth bromegrass, kentucky bluegrass, alfalfa en paardenbloem is over de winter maanden gemiddeld 375 g CO2/m2; wat gelijk staat aan 101 g C/m2. Bij dag temperaturen boven de -4 is er nog altijd fotosynthetische CO2 opname, maar de nachtelijke emissie van CO2 is groter, waardoor het grasveld altijd een bron van CO2 blijft in de winter. De focus ligt hier op een begraasd productie grasland, echter de informatie over winter emissie kan ook interessant zijn voor grasvelden.																												
Willms et al.	2005	Koolstof (in Mg C/ha) in een grasland met monoculturen en mengsels van verschillende grassen, na 5 jaar, in de 0-60 cm bodem laag (SOC) in de wortels en ander macro organisch materiaal in de bodem (Wortels) en in de kroon van de bovengrondse delen, vlak boven de bodem (Bovengronds): <table border="1" data-bbox="478 1769 1404 2060"> <thead> <tr> <th>Grassoort</th> <th>SOC (Mg C/ha)</th> <th>Wortels</th> <th>Bovengronds</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agropyron smithii (As)</td> <td>96,4</td> <td>3,8</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>Boutelou gracilis (Bg)</td> <td>102</td> <td>3,3</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>Koeleria macrantha (Km)</td> <td>98,1</td> <td>2,2</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Stipa viridula (Sv)</td> <td>95,2</td> <td>3,1</td> <td>2,8</td> </tr> <tr> <td>Elymus junceus (Ej)</td> <td>96,3</td> <td>4,3</td> <td>7,2</td> </tr> <tr> <td>Agropyron cristatum (Ac)</td> <td>90,6</td> <td>4,3</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Grassoort	SOC (Mg C/ha)	Wortels	Bovengronds	Agropyron smithii (As)	96,4	3,8	1,2	Boutelou gracilis (Bg)	102	3,3	1,8	Koeleria macrantha (Km)	98,1	2,2	0,8	Stipa viridula (Sv)	95,2	3,1	2,8	Elymus junceus (Ej)	96,3	4,3	7,2	Agropyron cristatum (Ac)	90,6	4,3	1
Grassoort	SOC (Mg C/ha)	Wortels	Bovengronds																											
Agropyron smithii (As)	96,4	3,8	1,2																											
Boutelou gracilis (Bg)	102	3,3	1,8																											
Koeleria macrantha (Km)	98,1	2,2	0,8																											
Stipa viridula (Sv)	95,2	3,1	2,8																											
Elymus junceus (Ej)	96,3	4,3	7,2																											
Agropyron cristatum (Ac)	90,6	4,3	1																											

		<table> <tr> <td>As + Bg</td> <td>101,3</td> <td>3,9</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>As + Sv</td> <td>98,3</td> <td>3,7</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Bg + Sv</td> <td>94,1</td> <td>3,3</td> <td>1,7</td> </tr> <tr> <td>As + Bg + Sv</td> <td>101,7</td> <td>3,8</td> <td>1,4</td> </tr> </table> <p>Green needle grass (<i>Stipa viridula</i>) en blue grama (<i>Boutelou gracilis</i>) zijn inheemse grassen in Alberta, Canada. Deze waren productiever, maar er was geen effect van grassoort op SOC.</p>	As + Bg	101,3	3,9	0,8	As + Sv	98,3	3,7	1	Bg + Sv	94,1	3,3	1,7	As + Bg + Sv	101,7	3,8	1,4				
As + Bg	101,3	3,9	0,8																			
As + Sv	98,3	3,7	1																			
Bg + Sv	94,1	3,3	1,7																			
As + Bg + Sv	101,7	3,8	1,4																			
Franzluebbers & Stuedemann	2005	<p>SOC van 20 jaar, in een begraasd grasland van tall fescue (C3), met hoge of lage bemesting en hoge of lage endofyt infectie (wortels zijn niet verwijderd voor het bepalen van SOC):</p> <table> <thead> <tr> <th>Fertilization</th> <th>Initial endophyte treatment level</th> <th>SOC (g/m²) at 0-20 cm depth</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Low</td> <td>Low</td> <td>3724</td> </tr> <tr> <td>Low</td> <td>High</td> <td>3795</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>Low</td> <td>3872</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>High</td> <td>4197</td> </tr> </tbody> </table> <p>Onder hoge bemesting is de SOC hoger bij hoge endofyt infectie dan bij lage endofyt infectie. Bij lage bemesting is er geen verschil in SOC tussen lage en hoge endofyt infectie. Dit gaat om een begraasd grasland en niet om een grasveld, maar de effecten van endofyt infectie zijn ook voor koolstof vastlegging in een grasveld interessant.</p>	Fertilization	Initial endophyte treatment level	SOC (g/m ²) at 0-20 cm depth	Low	Low	3724	Low	High	3795	High	Low	3872	High	High	4197					
Fertilization	Initial endophyte treatment level	SOC (g/m ²) at 0-20 cm depth																				
Low	Low	3724																				
Low	High	3795																				
High	Low	3872																				
High	High	4197																				
Raturi et al.	2005	<p>Koolstof in een 3 jaar oud grasveld met bentgrass en een 6 jaar oud grasveld met zoysiagrass, gemeten in de bodem en in de stro achtige laag op de bodem (thatch):</p> <table> <thead> <tr> <th></th> <th>Soluble C (mg/kg)</th> <th>Easily oxidizable C (mg/kg)</th> <th>Lignin C (g/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bentgrass thatch</td> <td>465.7</td> <td>3596.4</td> <td>44.6</td> </tr> <tr> <td>Bentgrass soil</td> <td>99.3</td> <td>770.7</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td>Zoysiagrass thatch</td> <td>507.1</td> <td>3682.8</td> <td>37.0</td> </tr> <tr> <td>Zoysiagrass soil</td> <td>54.1</td> <td>662.4</td> <td>2.1</td> </tr> </tbody> </table> <p>C is hoger in de stro achtige laag dan in de bodem. De stro achtige laag zou een C zink kunnen zijn en de bodem een C source.</p>		Soluble C (mg/kg)	Easily oxidizable C (mg/kg)	Lignin C (g/kg)	Bentgrass thatch	465.7	3596.4	44.6	Bentgrass soil	99.3	770.7	4.5	Zoysiagrass thatch	507.1	3682.8	37.0	Zoysiagrass soil	54.1	662.4	2.1
	Soluble C (mg/kg)	Easily oxidizable C (mg/kg)	Lignin C (g/kg)																			
Bentgrass thatch	465.7	3596.4	44.6																			
Bentgrass soil	99.3	770.7	4.5																			
Zoysiagrass thatch	507.1	3682.8	37.0																			
Zoysiagrass soil	54.1	662.4	2.1																			
Qian & Follett	2002	<p>In een meta analyse van golfvelden in de US worden 16 golfvelden van verschillende leeftijden onderzocht. Het oudste veld is 45 jaar en het jongste 1.5. De grassoorten in de putting greens zijn voornamelijk creeping bentgrass of een mix van creeping bentgrass en annual bluegrass, de grassoorten in de fairways zijn perennial ryegrass, Kentucky bluegrass en een mix van die twee. De koolstof vastlegging in de bodem van deze golfvelden was gemiddeld 0.9 en 1.0 t/ha/jaar respectievelijk voor fairways en putting greens . Dit is vergelijkbaar met koolstof vastlegging in land onder the Conservation Reserve Programme in de US.</p>																				
Parfitt et al.	2002	<p>In Nieuw Zeeland is de SOC gemeten in een begraasd grasveld met perennial ryegrass en klover, dat 46 jaar oud is, op twee verschillende bodem types. Een Andisol (allophanic soil) en een Inceptisol (non-allophanic soil). De Andisol heeft meer significant</p>																				

		meer SOC (139 t/ha) dan de Inceptisol (101 to/ha) in de bovenste 35 cm van de bodem. Andisols zijn jonge bodems die gevormd worden in vulkanisch as. Dit is dus niet van toepassing in Nederland. Echter, dat er een verschil in SOC kan zijn door een verschil in bodem type is wel relevant.																												
Fransluebbbers et al.	2000	Permanent grasland van begraasd tall fescue (C3) wordt vergeleken met gehooïd bermudagrass (C4). Grasvelden van 5-50 jaar worden geanalyseerd. SOC tot 20 cm diepte was hoger onder begraasd tall fescue (3800 g/m ²) dan onder gehooïd bermudagrass (3112 g/m ²). In de eerste 30 jaar was dit 65 g/m ² /jaar voor tall fescue en 22 g/m ² /jaar voor bermudagrass. Dit was deels een effect van oogst methode (begrazing vs hooien), maar ook een effect van grassoort (C3 vs C4 gras).																												
Evers et al.	2020	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Species</th> <th>Mean C accumulation (mg/cm²)</th> <th>Mean C concentration in thatch (% in dry matter)</th> <th>Mean C concentration in mat (% in dry matter)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perennial ryegrass</td> <td>55</td> <td>41,98</td> <td>41,69</td> </tr> <tr> <td>Kentucky bluegrass</td> <td>80,3</td> <td>41,74</td> <td>43,37</td> </tr> <tr> <td>Tall fescue</td> <td>59,6</td> <td>41,85</td> <td>43,5</td> </tr> <tr> <td>Red fescue</td> <td>114,5</td> <td>43,84</td> <td>43,42</td> </tr> <tr> <td>Sheep's fescue</td> <td>83,3</td> <td>43,1</td> <td>42,85</td> </tr> <tr> <td>Creeping bentrgrass</td> <td>63,2</td> <td>38,65</td> <td>40,95</td> </tr> </tbody> </table> <p>Verschillende grassoorten onder turfgrass management worden onderzocht in Nederland. De dikte van de stroige laag (thatch) is gecorreleerd met C accumulatie in de bodem. C accumulatie was het hoogst in Red fescue monocultuur en het laagst in perennial ryegrass. Thatch van Red fescue heeft ook hoge C accumulatie en perennial ryegrass en kentucky bluegrass heeft lage.</p>	Species	Mean C accumulation (mg/cm ²)	Mean C concentration in thatch (% in dry matter)	Mean C concentration in mat (% in dry matter)	Perennial ryegrass	55	41,98	41,69	Kentucky bluegrass	80,3	41,74	43,37	Tall fescue	59,6	41,85	43,5	Red fescue	114,5	43,84	43,42	Sheep's fescue	83,3	43,1	42,85	Creeping bentrgrass	63,2	38,65	40,95
Species	Mean C accumulation (mg/cm ²)	Mean C concentration in thatch (% in dry matter)	Mean C concentration in mat (% in dry matter)																											
Perennial ryegrass	55	41,98	41,69																											
Kentucky bluegrass	80,3	41,74	43,37																											
Tall fescue	59,6	41,85	43,5																											
Red fescue	114,5	43,84	43,42																											
Sheep's fescue	83,3	43,1	42,85																											
Creeping bentrgrass	63,2	38,65	40,95																											
Murphy et al.	1993	<p>In creeping bentrgrass puttinggreens op golfbanen is gecultiveerd met holle en massieve tanden, op verdichte en on-verdichte bodem. Er is gekeken naar de organische stof inhoud van de bovengrondse delen en van de stro mat (thatch/mat). Cultivatie met holle tanden verlaagd de OS fractie van de stro mat met 0.24 kg/kg, maar verhoogd de OS inhoud van de bovengrondse delen met 150 g/m². Tussen verdichte en on-verdichte bodem is weinig verschil.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Treatment</th> <th>Shoot tissue Total OM content (g/m²)</th> <th>Thatch/Mat Total OM content (g/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Noncompacted</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Check</td> <td>498</td> <td>381</td> </tr> <tr> <td> Hollow tine</td> <td>310</td> <td>532</td> </tr> <tr> <td> Solid tine</td> <td>482</td> <td>358</td> </tr> <tr> <td>Compacted</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Check</td> <td>474</td> <td>463</td> </tr> <tr> <td> Hollow tine</td> <td>315</td> <td>557</td> </tr> </tbody> </table>	Treatment	Shoot tissue Total OM content (g/m ²)	Thatch/Mat Total OM content (g/m ²)	Noncompacted			Check	498	381	Hollow tine	310	532	Solid tine	482	358	Compacted			Check	474	463	Hollow tine	315	557				
Treatment	Shoot tissue Total OM content (g/m ²)	Thatch/Mat Total OM content (g/m ²)																												
Noncompacted																														
Check	498	381																												
Hollow tine	310	532																												
Solid tine	482	358																												
Compacted																														
Check	474	463																												
Hollow tine	315	557																												

		Solid tine	459	431
Handayani et al.	2010	In grasland worden na 5 jaar een monocultuur van tall fescue vergeleken met een mengsel van tall fescue, klaver en andere grassen zoals thimothy, orchard grass en crabgrass. SOC in de laag 0-15 en 15-30 cm diepte wordt bekeken. SOC is hoger voor het mengsel.		
			Monocultuur	Mengsel
		SOC 0-15	25,1 g C/kg	29,99 g C/kg
		SOC 15-30	18,9 g C/kg	19,2 g C/kg
Iqbal et al.	2012	In verschillende staten in America wordt gekeken naar tall fescue permanent grasland met en zonder endofyt infectie. SOC is bepaald voor de bovenste 10 cm van de bodem. Gemiddeld over de staten is de SOC 2889 gC/m ² voor endofyt infectie en 2724 gC/m ² zonder endofyt infectie. Gemiddeld is SOC 6% hoger met endofyt infectie.		
Jones et al.	2006	In Schotland is er naar een 3 jaar oud grasland gekeken dat wordt gebruikt voor kuilvoer productie. Er zijn verschillende soorten mest gebruikt: kippenmest, rundermest, rioolbezinsel, NH ₄ NO ₃ en urea. Het gaat niet over grasvelden in stedelijk gebied maar het effect van bemesting is toch interessant. SOC wordt voor verschillende bodem lagen tot 40 cm diepte bemonsterd. Organische mest zorgt voor hoger SOC vergeleken met minerale meststoffen.		
López-Bellido et al.	2010	In de fairway van golfbanen wordt er gekeken naar creeping bentgrass dat is ingezaaid in 1997. In 2004 is een experiment gestard met verschillend hoeveelheden stikstof bemesting (0kg, 37kg/ha/maand, 6 kg/ha/week en 12 kg/ha/week) en met (trinexapac-ethyl en paclobutrazol) en zonder groei regulatoren. Na 4 jaar wordt de SOC tot 30cm diepte bepaald.		
		Groei regulatoren verhogen de SOC. Stikstof bemesting kan de SOC ook verhogen, maar in dit geval alleen in de laag van 0-2.5 cm.		
			SOC (Mg C/ha)	
		Paclobutrazol	64	
		Trinexapac-ethyl	56	
		Geen groei regulatoren	48	
		Stikstof bemesting	SOC op 0-2.5 cm diepte (gC/kg)	
		37 kg/ha/maand	65.4	
		6 kg/ha/week	63.0	
		12 kg/ha/week	62.9	
		0	56.3	
Liu et al.	2011	Onderzoek in California op golfbanen in bentgrass putting greens. Geen bemesting of bemesting van 195, 244 of 305 kg N/ha/jaar. SOC en microbiële koolstof fractie (MBC) gemeten tot 12 cm diepte 1 jaar na het inzaaien.		

		<p>Stikstof bemesting verhoogd de SOC met ongeveer 10%. Echter, hoge stikstof bemesting is negatief voor bodem enzym activiteit en verlaagd de MBC.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Total soil C (mg C/g soil)</th> <th>MBC (ug C/g soil)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Unfertilized</td> <td>3.6</td> <td>44,9</td> </tr> <tr> <td>Low</td> <td>3.95</td> <td>46,4</td> </tr> <tr> <td>Middle</td> <td>3.98</td> <td>44,0</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td>3.85</td> <td>41.6</td> </tr> </tbody> </table>		Total soil C (mg C/g soil)	MBC (ug C/g soil)	Unfertilized	3.6	44,9	Low	3.95	46,4	Middle	3.98	44,0	High	3.85	41.6																																								
	Total soil C (mg C/g soil)	MBC (ug C/g soil)																																																							
Unfertilized	3.6	44,9																																																							
Low	3.95	46,4																																																							
Middle	3.98	44,0																																																							
High	3.85	41.6																																																							
Gallardo et al.	2012	<p>Een studie in Chili doet onderzoek naar het effect van bemesting met verschillende hoeveelheden slib van een pulpfabriek (10-30 Mg/ha) op de organische stof in de bodem onder Engels raaigras. Chili is niet vergelijkbaar met Nederland, vooral omdat dit onderzoek op een vulkanische bodem was, echter het effect van bemesting met slib is wel universeel interessant. Organische stof was 35% hoger bij toediening van 30 Mg/ha slib, vergeleken met de controle zonder bemesting. SOM kan omgerekend worden naar SOC (SOC is ongeveer 50% van SOM).</p>																																																							
Cogger et al.	2013	<p>In tall fescue is het effect van 10 jaar lange bemesting met verschillende hoeveelheden biosolids bestudeerd. De tall fescue is ingezaaid in 1993 in 2002 zijn metingen gedaan. Daarna is er nog 9 jaar overall elk jaar 202 kg anorganische N/ha gegeven. In 2011 is weer bemonsterd. Bemonstering was tot 30 cm diepte. SOC wordt verhoogd door bemesting met biosolids, vooral in de bovenste bodemlaag.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="6">Total C (g/kg)</th> </tr> <tr> <th colspan="3">2002</th> <th colspan="3">2011</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0-8</th> <th>8-15</th> <th>15-30</th> <th>0-8</th> <th>8-15</th> <th>15-30</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Zero N</td> <td>19</td> <td>14</td> <td>13</td> <td>27</td> <td>17</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Ammonium nitrate (34 Mg/ha)</td> <td>23</td> <td>14</td> <td>14</td> <td>28</td> <td>18</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Biosolids (67 Mg/ha)</td> <td>30</td> <td>15</td> <td>14</td> <td>31</td> <td>22</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Biosolids (134 Mg/ha)</td> <td>36</td> <td>17</td> <td>16</td> <td>34</td> <td>23</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Biosolids (201 Mg/ha)</td> <td>41</td> <td>17</td> <td>16</td> <td>36</td> <td>24</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table>		Total C (g/kg)						2002			2011				0-8	8-15	15-30	0-8	8-15	15-30	Zero N	19	14	13	27	17	13	Ammonium nitrate (34 Mg/ha)	23	14	14	28	18	13	Biosolids (67 Mg/ha)	30	15	14	31	22	14	Biosolids (134 Mg/ha)	36	17	16	34	23	15	Biosolids (201 Mg/ha)	41	17	16	36	24	16
	Total C (g/kg)																																																								
	2002			2011																																																					
	0-8	8-15	15-30	0-8	8-15	15-30																																																			
Zero N	19	14	13	27	17	13																																																			
Ammonium nitrate (34 Mg/ha)	23	14	14	28	18	13																																																			
Biosolids (67 Mg/ha)	30	15	14	31	22	14																																																			
Biosolids (134 Mg/ha)	36	17	16	34	23	15																																																			
Biosolids (201 Mg/ha)	41	17	16	36	24	16																																																			
Cogger et al.	2001	<p>In tall fescue wordt na 7 jaar lange bemesting met verschillend hoeveelheden biosolids (290, 580, 870 kg N/ha/jaar) het effect op SOC bepaald en vergeleken met anorganische N bemesting van 34 kg N/ha/jaar en geen bemesting. Biosolids verhogen de SOC met 2-5 g/kg.</p>																																																							
Maillard et al.	2015	<p>In permanent grasland dat in 1993 in Canada is ingezaaid met tall fescue, wordt 17 jaar lang bemest met twee hoeveelen (200 en 400 kg N/ha/jaar) heden vloeibare rundermest of minerale mest. Vervolgens wordt de SOC tot 50 cm diepte bepaald. Vloeibare rundermest geeft 3.8 en 7.3 Mg C/ha/jaar respectievelijk voor hoge en lage bemestingshoeveelheid. In de bovenste 20 cm was SOC significant hoger bij bemesting met vloeibare rundermest vergeleken met minerale mest. Lager dan 20 cm waren er geen verschillen.</p>																																																							

Eriksen et al.	2012	<p>In Denemarken wordt gekeken naar een kruiden mengsel (containing salad burnet, fenugreek, chicory, caraway, birdsfoot trefoil, chervil, plantain, lucerne and melilot), 50% kruiden mengsel en 50% grasklaver, 5% kruiden mengsel en 95% grasklaver en sommige kruiden zijn in monoculturen gezaaid. Alle mengsels worden 4 of 6 keer per jaar gemaaid en niet bemest of bemest met 200 kg N/ha/jaar (cattle slurry). Boven en ondergrondse biomassa worden bepaald.</p> <p>Bij 4 keer maaien was de bovengrondse biomassa hoger als er meer soorten in het mengsel zaten en bij hogere bemesting. Bij 4 keer maaien waren er ondergronds ook meer grote wortels als er meer soorten in het mengsel zaten. Bij 6 keer maaien was de bovengrondse biomassa lager en was er geen verschil tussen hoeveelheid soorten in het mengsel.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kruiden in mengsel</th> <th>Bemesting (kg/ha/jaar)</th> <th>Aantal keren maaien</th> <th>Bovengrondse biomassa (t DM/ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5%</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>2.6</td> </tr> <tr> <td>50%</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>3.6</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>4.7</td> </tr> <tr> <td>5%</td> <td>200</td> <td>4</td> <td>3.2</td> </tr> <tr> <td>50%</td> <td>200</td> <td>4</td> <td>4.4</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td>200</td> <td>4</td> <td>5.9</td> </tr> <tr> <td>5%</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>50%</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>1.6</td> </tr> </tbody> </table> <p>Dit gaat niet over SOC, maar als het maaisel wordt teruggebracht op de bodem kan de biomassa hier wel invloed op hebben.</p>	Kruiden in mengsel	Bemesting (kg/ha/jaar)	Aantal keren maaien	Bovengrondse biomassa (t DM/ha)	5%	0	4	2.6	50%	0	4	3.6	100%	0	4	4.7	5%	200	4	3.2	50%	200	4	4.4	100%	200	4	5.9	5%	0	6	1.8	50%	0	6	1.7	100%	0	6	1.6
Kruiden in mengsel	Bemesting (kg/ha/jaar)	Aantal keren maaien	Bovengrondse biomassa (t DM/ha)																																							
5%	0	4	2.6																																							
50%	0	4	3.6																																							
100%	0	4	4.7																																							
5%	200	4	3.2																																							
50%	200	4	4.4																																							
100%	200	4	5.9																																							
5%	0	6	1.8																																							
50%	0	6	1.7																																							
100%	0	6	1.6																																							
Kusinska et al.	2012	<p>In Polen wordt grasland vergeleken dat is ingezaaid met een monocultuur van festuca rubra of een mengsel van 8 grassoorten (Festuca pratensis (15%), Phleum pratense (20%), Dactylis glomerata (10%), Festuca arundinacea (5%), Bromus inermis (5%), Lolium perenne (10%), Poa pratensis (15%), and Festuca rubra (20%)). Na 2 jaar wordt de SOC bepaald. Het mengsel verhoogd de SOC en de C in de humus factie, echter de resultaten zijn niet significant.</p>																																								
Qian et al.	2003	<p>In een model studie waarin het CENTURY model wordt gebruikt om SOC over 10-50 jaar te modeleren, wordt gekeken naar een gazon met kentucky bluegrass. Het maaisel wordt verwijderd of teruggebracht en er is hoge (150 kg/ha/jaar) of lage (75 kg/ha/jaar) bemesting.</p> <p>Het model voorspeld dat wanneer het maaisel wordt teruggebracht de toename in koolstof opslag 11-25% is onder hoge bemesting en 11-59% onder lage bemesting. Het terugbrengen van het maaisel verhoogd dus de koolstof opslag en deze potentiële verhoging is hoger onder lage bemesting.</p>																																								
Wright et al.	2004	<p>In Texas zijn twee soorten bermudagrass (coastal and common bermudagrass). gezaaid in 1969. Het grasland wordt met hoge en lage intensiteit begraaasd en er zijn behandelingen met winter overzaai van raaigras (lolium multiflorum) of klaver.</p>																																								

		7, 15, 26 en 32 jaar naar zaaien worden er bodem monsters genomen om de SOC te meten. Er was geen verschil in SOC tussen de twee soorten bermuda gras. Tot 26 jaar na zaaien was er toename in SOC. Lage graas intensiteit heeft een hogere potentie om koolstof vast te leggen. Overzaai met klaver verlaagde de SOC vergeleken met overzaai met raigras.																				
Mestdagh et al.	2005	Akkerlanden op klei, zand en leem in België werden ingezaaid met permanentgrasland met een mix van grassoorten. Na 2-3 jaar wordt de SOC bepaald. De transformatie van akkerland naar permanent grasland verhoogde de SOC. De verhoging in SOC is hoger op klei (35%) en leem (14%) dan op zand (2%).																				
Qian et al.	2010	In Nebraska wordt op golfvelden gekeken naar verschillende grassoorten (fine fescue, kentucky bluegrass en creeping bentgrass) en wordt wel en niet irrigeren vergeleken voor fine fescue. Na 4 jaar wordt de SOC bepaald tot 20 cm diepte. Geïrrigeerde fine fescue verhoogde de SOC het meest, maar zorgt ook voor hoge SOC decompositie. Zonder irrigatie heeft creeping bentgrass de hoogste koolstof opslag. <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grassoort</th> <th>Irrigatie</th> <th>SOC toevoeging (Mg C/ha/jaar)</th> <th>SOC decompositie (Mg C/ha/jaar)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fine fescue</td> <td>Ja</td> <td>3.35</td> <td>2.61</td> </tr> <tr> <td>Fine fescue</td> <td>Nee</td> <td>1.39</td> <td>0.87</td> </tr> <tr> <td>Kentucky bluegrass</td> <td>Nee</td> <td>2.05</td> <td>1.73</td> </tr> <tr> <td>Creeping bentgrass</td> <td>Nee</td> <td>2.28</td> <td>1.50</td> </tr> </tbody> </table>	Grassoort	Irrigatie	SOC toevoeging (Mg C/ha/jaar)	SOC decompositie (Mg C/ha/jaar)	Fine fescue	Ja	3.35	2.61	Fine fescue	Nee	1.39	0.87	Kentucky bluegrass	Nee	2.05	1.73	Creeping bentgrass	Nee	2.28	1.50
Grassoort	Irrigatie	SOC toevoeging (Mg C/ha/jaar)	SOC decompositie (Mg C/ha/jaar)																			
Fine fescue	Ja	3.35	2.61																			
Fine fescue	Nee	1.39	0.87																			
Kentucky bluegrass	Nee	2.05	1.73																			
Creeping bentgrass	Nee	2.28	1.50																			
Handayani et al.	2011	In Kentucky is in grasland met tall fescue met en zonder endofyt infectie is na 4 jaar de totale SOC, MBC (microbial biomass C), gemineraliseerde C en POM C (particulate organic matter C) bepaald tot 30 cm diepte. In de laag 0-15 cm waren en significante verschillen voor MBC (26% hoger voor endofyt infectie) en gemineraliseerde C (43% lager voor endofyt infectie). Voor totale SOC en POM C waren geen significante verschillen.																				
Kauer et al.	2013	Estland wordt naar een grasland gekeken met twee behandelingen: een gras mengsel (Festuca rubra rubra 50% and Poa pratensis 50%) en een grasklaver mengsel (Phleum pratense 34%, Lolium perenne 38%, and Trifolium repens 28%). Het maaisel wordt teruggebracht of afgevoerd en verschillende mate van bemesting wordt toegepast (NOPOK0, N80P11K48, N160P22K96 en N400P56K240 kg/ha voor het grasmengsel en NOPOK0 en N80P26K50 kg/ha voor het gras klaver mengsel. Na 5 jaar wordt in de lagen 0-5 cm en 5-20 cm diepte de organische C bepaald. Maaisel terugbrengen verhoogde de organische C. Bemesting had geen invloed op organische C. Het grasklaver mengsel heeft meer organische C vergeleken het grasmengsel. <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Grassoort</th> <th rowspan="2">Diepte (cm)</th> <th rowspan="2">Bemesting (kg N/ha)</th> <th colspan="2">Organische C (mg/g)</th> </tr> <tr> <th>Maaisel teruggebracht</th> <th>Maaisel verwijderd</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Grasmengsel</td> <td rowspan="2">0-5</td> <td>0</td> <td>18.0</td> <td>15.9</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>17.6</td> <td>15.7</td> </tr> </tbody> </table>	Grassoort	Diepte (cm)	Bemesting (kg N/ha)	Organische C (mg/g)		Maaisel teruggebracht	Maaisel verwijderd	Grasmengsel	0-5	0	18.0	15.9	80	17.6	15.7					
Grassoort	Diepte (cm)	Bemesting (kg N/ha)				Organische C (mg/g)																
			Maaisel teruggebracht	Maaisel verwijderd																		
Grasmengsel	0-5	0	18.0	15.9																		
		80	17.6	15.7																		

			160	17.4	15.8
			400	18.4	15.5
		5-20	0	13.4	12.2
			80	13.2	12.5
			160	13.6	12.3
			400	13.1	12.7
		Grasklaver 0-5	0	20.8	19.3
			80	21.2	19.5
		5-20	0	14.5	14.1
			80	14.7	13.5
Law et al.	2017	In Indiana worden grasvelen met tall fescue en kentucky bluegrass gemonitord. Na 3 jaar management, waarin het maaisel wordt verwijderd of teruggebracht wordt de SOC bepaald en libile soil C bepaald tot 5 cm diepte. Koolstof opslag is hoger onder tall fescue vegeleken met kentucky bluegrass en hoger wanneer het maaisel wordt teruggebracht.			
Zirkle et a.	2011	Een model studie in de VS gebruikt data uit wetenschappelijke literatuur om koolstof opslag in gazons te voorspellen. Er werd naar opslag in de laag 0-15 cm gekeken. De netto opslag is de opslag min de uitstoot door maaien, irrigeren, bemesten en gewasbescherming. De gemiddelde netto koolstof opslag in gazons in de VS is 46.0-127.1 g C/m ² /jaar. Als het gazon 'do it yourself' werd gemanaged kan dit oplopen tot 80.6-183.0 g C/m ² /jaar.			

5.2 Q2. Wat is het onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden van verschillende grassoorten?

Auteurs	Jaar	Kern bevindingen																																												
Singh et al.	2019	SOC onder graszode in gematigd klimaat, dat beheerd wordt als gazon, is na 5 jaar hoger voor C3 grassen (tall fescue en kentucky blue grass) dan voor een C4 gras (bermuda grass). Tussen de twee C3 grassen is weinig verschil. De juiste grassen voor een bepaald klimaat kunnen meer koolstof vastleggen.																																												
Law & Patton	2017	In een gazon in een land klimaat accumuleert Tall fescue (C3) per jaar meer koolstof in de bodem dan Kentucky blue grass (C3).																																												
Acuna et al.	2017	Vergeleken met kale grond is de SOC hoger onder een gazon, er is echter weinig verschil tussen de verschillende grassoorten. De koolstof accumulatie in de grassen zelf is echter wel hoger voor de twee bermuda cultivars (C4) dan in de andere C3 grassen. Maar omdat het maaisel wordt afgevoerd draagt dit niet bij aan SOC.																																												
Ferchaud et al.	2016	Weinig verschil in SOC tot 60 cm diepte en C content in gewasresten die op de bodem liggen tussen Miscanthus (C4) en Switchgrass (C4). Miscanthus heeft wel een wat hogere C content van wortels en rizomen, vergeleken met Switchgrass.																																												
Willms et al.	2005	<p>Koolstof (in Mg C/ha) in een grasland met monoculturen en mengsels van verschillende grassen, na 5 jaar, in de 0-60 cm bodem laag (SOC) in de wortels en ander macro organisch materiaal in de bodem (Wortels) en in de kroon van de bovengrondse delen, vlak boven de bodem (Bovengronds):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grassoort</th> <th>SOC (Mg C/ha)</th> <th>Wortels</th> <th>Bovengronds</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agropyron smithii (As)</td> <td>96,4</td> <td>3,8</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>Boutelou gracilis (Bg)</td> <td>102</td> <td>3,3</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>Koeleria macrantha (Km)</td> <td>98,1</td> <td>2,2</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Stipa viridula (Sv)</td> <td>95,2</td> <td>3,1</td> <td>2,8</td> </tr> <tr> <td>Elymus junceus (Ej)</td> <td>96,3</td> <td>4,3</td> <td>7,2</td> </tr> <tr> <td>Agropyron cristatum (Ac)</td> <td>90,6</td> <td>4,3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>As + Bg</td> <td>101,3</td> <td>3,9</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>As + Sv</td> <td>98,3</td> <td>3,7</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Bg + Sv</td> <td>94,1</td> <td>3,3</td> <td>1,7</td> </tr> <tr> <td>As + Bg + Sv</td> <td>101,7</td> <td>3,8</td> <td>1,4</td> </tr> </tbody> </table> <p>Green needle grass (Stipa viridula) en blue grama (Boutelou gracilis) zijn inheemse grassen in Alberta, Canada. Deze waren productiever, maar er was geen effect van grassoort op SOC.</p>	Grassoort	SOC (Mg C/ha)	Wortels	Bovengronds	Agropyron smithii (As)	96,4	3,8	1,2	Boutelou gracilis (Bg)	102	3,3	1,8	Koeleria macrantha (Km)	98,1	2,2	0,8	Stipa viridula (Sv)	95,2	3,1	2,8	Elymus junceus (Ej)	96,3	4,3	7,2	Agropyron cristatum (Ac)	90,6	4,3	1	As + Bg	101,3	3,9	0,8	As + Sv	98,3	3,7	1	Bg + Sv	94,1	3,3	1,7	As + Bg + Sv	101,7	3,8	1,4
Grassoort	SOC (Mg C/ha)	Wortels	Bovengronds																																											
Agropyron smithii (As)	96,4	3,8	1,2																																											
Boutelou gracilis (Bg)	102	3,3	1,8																																											
Koeleria macrantha (Km)	98,1	2,2	0,8																																											
Stipa viridula (Sv)	95,2	3,1	2,8																																											
Elymus junceus (Ej)	96,3	4,3	7,2																																											
Agropyron cristatum (Ac)	90,6	4,3	1																																											
As + Bg	101,3	3,9	0,8																																											
As + Sv	98,3	3,7	1																																											
Bg + Sv	94,1	3,3	1,7																																											
As + Bg + Sv	101,7	3,8	1,4																																											
Raturi et al.	2005	<p>Koolstof in een 3 jaar oud grasveld met bentgrass en een 6 jaar oud grasveld met zoysiagrass, gemeten in de bodem en in de stro achtige laag op de bodem (thatch)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Soluble C (mg/kg)</th> <th>Easily oxidizable C (mg/kg)</th> <th>Lignin C (g/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bentgrass thatch</td> <td>465.7</td> <td>3596.4</td> <td>44.6</td> </tr> <tr> <td>Bentgrass soil</td> <td>99.3</td> <td>770.7</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td>Zoysiagrass thatch</td> <td>507.1</td> <td>3682.8</td> <td>37.0</td> </tr> <tr> <td>Zoysiagrass soil</td> <td>54.1</td> <td>662.4</td> <td>2.1</td> </tr> </tbody> </table>		Soluble C (mg/kg)	Easily oxidizable C (mg/kg)	Lignin C (g/kg)	Bentgrass thatch	465.7	3596.4	44.6	Bentgrass soil	99.3	770.7	4.5	Zoysiagrass thatch	507.1	3682.8	37.0	Zoysiagrass soil	54.1	662.4	2.1																								
	Soluble C (mg/kg)	Easily oxidizable C (mg/kg)	Lignin C (g/kg)																																											
Bentgrass thatch	465.7	3596.4	44.6																																											
Bentgrass soil	99.3	770.7	4.5																																											
Zoysiagrass thatch	507.1	3682.8	37.0																																											
Zoysiagrass soil	54.1	662.4	2.1																																											

		De bodem onder Bentgrass heeft meer koolstof, vooral meer Lignin C, dan zoysiagrass.																												
Tufekcioglu et al.	2003	Een gras buffer in Iowa (US) met non-inheemse cool season grassen (voornamelijk smooth brome, timothy grass en Kentucky bluegrass) is vergeleken met een buffer van switchgrass en populieren en met jaarlijkse gewassen. Wij kijken alleen naar de gras buffer en het switchgrass. Switchgrass heeft significant meer bovengrondse strooisel C, bovengrondse levend C en levende wortel C dan de cool season grassen. Er wordt dus meer koolstof opgeslagen in het switchgrass.																												
Fransluebbbers et al.	2000	Permanent grasland van begraasd tall fescue (C3) wordt vergeleken met gehooïd bermudagrass (C4). Grasvelden van 5-50 jaar worden geanalyseerd. SOC tot 20 cm diepte was hoger onder begraasd tall fescue (3800 g/m ²) dan onder gehooïd bermudagrass (3112 g/m ²). In de eerste 30 jaar was dit 65 g/m ² /jaar voor tall fescue en 22 g/m ² /jaar voor bermudagrass. Dit was deels een effect van oogst methode (begrazing vs hooien), maar ook een effect van grassoort (C3 vs C4 gras).																												
Evers et al.	2020	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Species</th> <th>Mean C accumulation (mg/cm²)</th> <th>Mean C concentration in thatch (% in dry matter)</th> <th>Mean C concentration in mat (% in dry matter)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perennial ryegrass</td> <td>55</td> <td>41,98</td> <td>41,69</td> </tr> <tr> <td>Kentucky bluegrass</td> <td>80,3</td> <td>41,74</td> <td>43,37</td> </tr> <tr> <td>Tall fescue</td> <td>59,6</td> <td>41,85</td> <td>43,5</td> </tr> <tr> <td>Red fescue</td> <td>114,5</td> <td>43,84</td> <td>43,42</td> </tr> <tr> <td>Sheep's fescue</td> <td>83,3</td> <td>43,1</td> <td>42,85</td> </tr> <tr> <td>Creeping bentgrass</td> <td>63,2</td> <td>38,65</td> <td>40,95</td> </tr> </tbody> </table> <p>Verschillende grassoorten onder turfgrass management worden onderzocht in Nederland. De dikte van de stroige laag (thatch) is gecorreleerd met C accumulatie in de bodem. C accumulatie was het hoogst in Red fescue monocultuur en het laagst in perennial ryegrass. Thatch van Red fescue heeft ook hoge C accumulatie en perennial ryegrass en kentucky bluegrass heeft lage.</p>	Species	Mean C accumulation (mg/cm ²)	Mean C concentration in thatch (% in dry matter)	Mean C concentration in mat (% in dry matter)	Perennial ryegrass	55	41,98	41,69	Kentucky bluegrass	80,3	41,74	43,37	Tall fescue	59,6	41,85	43,5	Red fescue	114,5	43,84	43,42	Sheep's fescue	83,3	43,1	42,85	Creeping bentgrass	63,2	38,65	40,95
Species	Mean C accumulation (mg/cm ²)	Mean C concentration in thatch (% in dry matter)	Mean C concentration in mat (% in dry matter)																											
Perennial ryegrass	55	41,98	41,69																											
Kentucky bluegrass	80,3	41,74	43,37																											
Tall fescue	59,6	41,85	43,5																											
Red fescue	114,5	43,84	43,42																											
Sheep's fescue	83,3	43,1	42,85																											
Creeping bentgrass	63,2	38,65	40,95																											
Kusinska et al.	2012	In Polen wordt grasland vergeleken dat is ingezaaid met een monocultuur van festuca rubra of een mengsel van 8 grassoorten (Festuca pratensis (15%), Phleum pratense (20%), Dactylis glomerata (10%), Festuca arundinacea (5%), Bromus inermis (5%), Lolium perenne (10%), Poa pratensis (15%), and Festuca rubra (20%)). Na 2 jaar wordt de SOC bepaald. Het mengsel verhoogd de SOC en de C in de humus fractie, echter de resultaten zijn niet significant.																												
Wright et al.	2004	In Texas zijn twee soorten bermudagrass (coastal and common bermudagrass). gezaaid in 1969. Het grasland wordt met hoge en lage intensiteit begraasd en er zijn behandelingen met winter overzaai van raaigras (Lolium multiflorum) of klaver. 7, 15, 26 en 32 jaar naar zaaien worden er bodem monsters genomen om de SOC te meten.																												

		Er was geen verschil in SOC tussen de twee soorten bermuda gras.																				
Qian et al.	2010	<p>In Nebraska wordt op golfvelden gekeken naar verschillende grassoorten (fine fescue, kentucky bluegrass en creeping bentgrass) en wordt wel en niet irrigeren vergeleken voor fine fescue. Na 4 jaar wordt de SOC bepaald tot 20 cm diepte. Geïrrigeerde fine fescue verhoogd de SOC het meest, maar zorgt ook voor hoge SOC decompositie. Zonder irrigatie heeft creeping bentgrass de hoogste koolstof opslag.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grassoort</th> <th>Irrigatie</th> <th>SOC toevoeging (Mg C/ha/jaar)</th> <th>SOC decompositie (Mg C/ha/jaar)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fine fescue</td> <td>Ja</td> <td>3.35</td> <td>2.61</td> </tr> <tr> <td>Fine fescue</td> <td>Nee</td> <td>1.39</td> <td>0.87</td> </tr> <tr> <td>Kentucky bluegrass</td> <td>Nee</td> <td>2.05</td> <td>1.73</td> </tr> <tr> <td>Creeping bentgrass</td> <td>Nee</td> <td>2.28</td> <td>1.50</td> </tr> </tbody> </table>	Grassoort	Irrigatie	SOC toevoeging (Mg C/ha/jaar)	SOC decompositie (Mg C/ha/jaar)	Fine fescue	Ja	3.35	2.61	Fine fescue	Nee	1.39	0.87	Kentucky bluegrass	Nee	2.05	1.73	Creeping bentgrass	Nee	2.28	1.50
Grassoort	Irrigatie	SOC toevoeging (Mg C/ha/jaar)	SOC decompositie (Mg C/ha/jaar)																			
Fine fescue	Ja	3.35	2.61																			
Fine fescue	Nee	1.39	0.87																			
Kentucky bluegrass	Nee	2.05	1.73																			
Creeping bentgrass	Nee	2.28	1.50																			
Law et al.	2017	<p>In Indiana worden grasvelden met tall fescue en kentucky bluegrass gemonitord. Na 3 jaar management, waarin het maaisel wordt verwijderd of teruggebracht wordt de SOC bepaald en libile soil C bepaald tot 5 cm diepte. Koolstof opslag is hoger onder tall fescue vergeleken met kentucky bluegrass en hoger wanneer het maaisel wordt teruggebracht.</p>																				

5.3 Q3. Is er onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden met een verschillende gebruiksfunctie? (park, sport, berm, etc.)

5.4 Q4. Is er onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden met een verschillende ondergrond? (zand, klei, etc.)

Auteurs	Jaar	Kern bevindingen
Parfitt et al.	2002	<p>In Nieuw Zeeland is de SOC gemeten in een begraasd grasveld met perennial ryegrass en klaver, dat 46 jaar oud is, op twee verschillende bodem types. Een Andisol (allophanic soil) en een Inceptisol (non-allophanic soil). De Andisol heeft meer significant meer SOC (139 t/ha) dan de Inceptisol (101 to/ha) in de bovenste 35 cm van de bodem. Andisols zijn jonge bodems die gevormd worden in vulkanisch as. Dit is dus niet van toepassing in Nederland. Echter, dat er een verschil in SOC kan zijn door een verschil in bodem type is wel relevant.</p>
Mestdagh et al.	2005	<p>Akkerlanden op klei, zand en leem in België werden ingezaaid met permanentgrasland met een mix van grassoorten. Na 2-3 jaar wordt de SOC bepaald. De transformatie van akkerland naar</p>

		permanent grasland verhoogd de SOC. De verhoging in SOC is hoger op klei (35%) en leem (14%) dan op zand (2%).
--	--	--

5.5 Q5. Wat is het effect van verhoging van organische stof op het gebruik van grasvelden?

Auteurs	Jaar	Kern bevindingen
Carley et al.	2011	In 49 verschillende golf velden met Creeping bentgrass (C3) is de koolstof accumulatie over de eerste 25 jaar gemiddeld 1465 g/m ² . Er is in deze periode dus ook een verhoging van het organisch materiaal in de bodem. Deze verhoging in SOM kan zorgen voor een verlaging van de gezondheid van het grasveld. Een kritisch level hiervoor is vastgesteld op 35-40 g SOM/kg bodem. Als dit wordt overschreden kunnen macro poriën verstopt raken, wat drainage en gas uitwisseling in de wortelzone tegenwerkt. De curve van SOM accumulatie is hyperbolisch in de bovenste 2.5 cm van de bodem. In deze top laag is het kritische niveau van 40 g/kg bodem bereikt na 5 jaar. In dieper lagen is de accumulatie langzamer en wordt dit kritische niveau ook na 20 jaar nog niet overschreden.

5.6 Q6. Heeft een mengsel van gras en kruiden een andere hoeveelheid C, vergeleken met puur gras?

Auteurs	Jaar	Kern bevindingen																																												
Willms et al.	2005	<p>Koolstof (in Mg C/ha) in een grasland met monoculturen en mengsels van verschillende grassen, na 5 jaar, in de 0-60 cm bodem laag (SOC) in de wortels en ander macro organisch materiaal in de bodem (Wortels) en in de kroon van de bovengrondse delen, vlak boven de bodem (Bovengronds):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grassoort</th> <th>SOC (Mg C/ha)</th> <th>Wortels</th> <th>Bovengronds</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agropyron smithii (As)</td> <td>96,4</td> <td>3,8</td> <td>1,2</td> </tr> <tr> <td>Boutelou gracilis (Bg)</td> <td>102</td> <td>3,3</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>Koeleria macrantha (Km)</td> <td>98,1</td> <td>2,2</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Stipa viridula (Sv)</td> <td>95,2</td> <td>3,1</td> <td>2,8</td> </tr> <tr> <td>Elymus junceus (Ej)</td> <td>96,3</td> <td>4,3</td> <td>7,2</td> </tr> <tr> <td>Agropyron cristatum (Ac)</td> <td>90,6</td> <td>4,3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>As + Bg</td> <td>101,3</td> <td>3,9</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>As + Sv</td> <td>98,3</td> <td>3,7</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Bg + Sv</td> <td>94,1</td> <td>3,3</td> <td>1,7</td> </tr> <tr> <td>As + Bg + Sv</td> <td>101,7</td> <td>3,8</td> <td>1,4</td> </tr> </tbody> </table> <p>Green needle grass (Stipa viridula) en blue grama (Boutelou gracilis) zijn inheemse grassen in Alberta, Canada. De monoculturen hiervan waren productiever, maar er was geen effect van grassoort of mengsels op SOC.</p>	Grassoort	SOC (Mg C/ha)	Wortels	Bovengronds	Agropyron smithii (As)	96,4	3,8	1,2	Boutelou gracilis (Bg)	102	3,3	1,8	Koeleria macrantha (Km)	98,1	2,2	0,8	Stipa viridula (Sv)	95,2	3,1	2,8	Elymus junceus (Ej)	96,3	4,3	7,2	Agropyron cristatum (Ac)	90,6	4,3	1	As + Bg	101,3	3,9	0,8	As + Sv	98,3	3,7	1	Bg + Sv	94,1	3,3	1,7	As + Bg + Sv	101,7	3,8	1,4
Grassoort	SOC (Mg C/ha)	Wortels	Bovengronds																																											
Agropyron smithii (As)	96,4	3,8	1,2																																											
Boutelou gracilis (Bg)	102	3,3	1,8																																											
Koeleria macrantha (Km)	98,1	2,2	0,8																																											
Stipa viridula (Sv)	95,2	3,1	2,8																																											
Elymus junceus (Ej)	96,3	4,3	7,2																																											
Agropyron cristatum (Ac)	90,6	4,3	1																																											
As + Bg	101,3	3,9	0,8																																											
As + Sv	98,3	3,7	1																																											
Bg + Sv	94,1	3,3	1,7																																											
As + Bg + Sv	101,7	3,8	1,4																																											
Handayani et al.	2010	<p>In grasland worden na 5 jaar een monocultuur van tall fescue vergeleken met een mengsel van tall fescue, klaver en andere grassen zoals thimothy, orchard grass en crabgrass. SOC in de laag 0-15 en 15-30 cm diepte wordt bekeken. SOC is hoger voor het mengsel.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Monocultuur</th> <th>Mengsel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SOC 0-15</td> <td>25,1 g C/kg</td> <td>29,99 g C/kg</td> </tr> <tr> <td>SOC 15-30</td> <td>18,9 g C/kg</td> <td>19,2 g C/kg</td> </tr> </tbody> </table>		Monocultuur	Mengsel	SOC 0-15	25,1 g C/kg	29,99 g C/kg	SOC 15-30	18,9 g C/kg	19,2 g C/kg																																			
	Monocultuur	Mengsel																																												
SOC 0-15	25,1 g C/kg	29,99 g C/kg																																												
SOC 15-30	18,9 g C/kg	19,2 g C/kg																																												
Eriksen et al.	2012	<p>In Denemarken wordt gekeken naar een kruiden mengsel (containing salad burnet, fenugreek, chicory, caraway, birdsfoot trefoil, chervil, plantain, lucerne and melilot), 50% kruiden mengsel en 50% grasklaver, 5% kruiden mengsel en 95% grasklaver en sommige kruiden zijn in monoculturen gezaaid. Alle mengsels worden 4 of 6 keer per jaar gemaaid en niet bemest of bemest met 200 kg N/ha/jaar (cattle slurry). Boven en ondergrondse biomassa worden bepaald. Bij 4 keer maaien was de bovengrondse biomassa hoger als er meer soorten in het mengsel zaten en bij hogere bemesting. Bij 4 keer maaien waren er ondergronds ook meer grote wortels als er meer soorten in het mengsel zaten. Bij 6 keer maaien was de bovengrondse biomassa lager en was er geen verschil tussen hoeveelheid soorten in het mengsel.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kruiden in mengsel</th> <th>Bemesting (kg/ha/jaar)</th> <th>Aantal keren maaien</th> <th>Bovengrondse biomassa (t DM/ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Kruiden in mengsel	Bemesting (kg/ha/jaar)	Aantal keren maaien	Bovengrondse biomassa (t DM/ha)																																								
Kruiden in mengsel	Bemesting (kg/ha/jaar)	Aantal keren maaien	Bovengrondse biomassa (t DM/ha)																																											

		5%	0	4	2.6																																																				
		50%	0	4	3.6																																																				
		100%	0	4	4.7																																																				
		5%	200	4	3.2																																																				
		50%	200	4	4.4																																																				
		100%	200	4	5.9																																																				
		5%	0	6	1.8																																																				
		50%	0	6	1.7																																																				
		100%	0	6	1.6																																																				
		Dit gaat niet over SOC, maar als het maaisel wordt teruggebracht op de bodem kan de biomassa hier wel invloed op hebben.																																																							
Wright et al.	2004	In Texas zijn twee soorten bermudagrass (coastal and common bermudagrass). gezaaid in 1969. Het grasland wordt met hoge en lage intensiteit begraasd en er zijn behandelingen met winter overzaai van raaigras (<i>Lolium multiflorum</i>) of klaver. 7, 15, 26 en 32 jaar naar zaaien worden er bodem monsters genomen om de SOC te meten. Overzaai met klaver verlaagde de SOC vergeleken met overzaai met raaigras.																																																							
Kauer et al.	2013	<p>Estland wordt naar een grasland gekeken met twee behandelingen: een gras mengsel (<i>Festuca rubra rubra</i> 50% and <i>Poa pratensis</i> 50%) en een grasklaver mengsel (<i>Phleum pratense</i> 34%, <i>Lolium perenne</i> 38%, and <i>Trifolium repens</i> 28%). Het maaisel wordt teruggebracht of afgevoerd en verschillende mate van bemesting wordt toegepast (NOP0K0, N80P11K48, N160P22K96 en N400P56K240 kg/ha voor het grasmengsel en NOP0K0 en N80P26K50 kg/ha voor het gras klaver mengsel. Na 5 jaar wordt in de lagen 0-5 cm en 5-20 cm diepte de organische C bepaald.</p> <p>Maaisel terugbrengen verhoogd de organische C. Bemesting had geen invloed op organische C. Het grasklaver mengsel heeft meer organische C vergeleken het grasmengsel.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">Organische C (mg/g)</th> </tr> <tr> <th>Grassoort</th> <th>Diepte (cm)</th> <th>Bemesting (kg N/ha)</th> <th>Maaisel teruggebracht</th> <th>Maaisel verwijderd</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="8">Grasmengsel</td> <td rowspan="4">0-5</td> <td>0</td> <td>18.0</td> <td>15.9</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>17.6</td> <td>15.7</td> </tr> <tr> <td>160</td> <td>17.4</td> <td>15.8</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>18.4</td> <td>15.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">5-20</td> <td>0</td> <td>13.4</td> <td>12.2</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>13.2</td> <td>12.5</td> </tr> <tr> <td>160</td> <td>13.6</td> <td>12.3</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>13.1</td> <td>12.7</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Grasklaver</td> <td rowspan="2">0-5</td> <td>0</td> <td>20.8</td> <td>19.3</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>21.2</td> <td>19.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">5-20</td> <td>0</td> <td>14.5</td> <td>14.1</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>14.7</td> <td>13.5</td> </tr> </tbody> </table>				Organische C (mg/g)					Grassoort	Diepte (cm)	Bemesting (kg N/ha)	Maaisel teruggebracht	Maaisel verwijderd	Grasmengsel	0-5	0	18.0	15.9	80	17.6	15.7	160	17.4	15.8	400	18.4	15.5	5-20	0	13.4	12.2	80	13.2	12.5	160	13.6	12.3	400	13.1	12.7	Grasklaver	0-5	0	20.8	19.3	80	21.2	19.5	5-20	0	14.5	14.1	80	14.7	13.5
Organische C (mg/g)																																																									
Grassoort	Diepte (cm)	Bemesting (kg N/ha)	Maaisel teruggebracht	Maaisel verwijderd																																																					
Grasmengsel	0-5	0	18.0	15.9																																																					
		80	17.6	15.7																																																					
		160	17.4	15.8																																																					
		400	18.4	15.5																																																					
	5-20	0	13.4	12.2																																																					
		80	13.2	12.5																																																					
		160	13.6	12.3																																																					
		400	13.1	12.7																																																					
Grasklaver	0-5	0	20.8	19.3																																																					
		80	21.2	19.5																																																					
	5-20	0	14.5	14.1																																																					
		80	14.7	13.5																																																					

5.7 Q7. Wat is het effect van beheer op de hoeveelheid C in een grasveld? (bemesting, maai strategie, irrigatie)

Auteurs	Jaar	Kern bevindingen
Law & Patton	2017	Op een gazon zorgt vaker maaien en het terugbrengen van maaisel voor meer CO ₂ uitstoot, maar het verhoogd ook de productie van het gras, en daarmee de opslag van koolstof. Netto wordt er meer koolstof opgeslagen in een frequenter gemaaid gazon (eens per 3 weken vs wekelijks) en als het maaisel wordt teruggebracht op het gazon.
Acuna et al.	2017	De koolstof accumulatie in de grassen zelf is hoger voor de twee bermuda cultivars (C4) dan in de andere C3 grassen. Maar omdat het maaisel wordt afgevoerd draagt dit niet bij aan SOC. Dit wordt in dit artikel niet verder benoemd, maar als het management anders zou zijn en het maaisel wel teruggebracht wordt op het gazon zou dit een significant verschil kunnen maken.
Ferchaud et al.	2016	Geen effect van stikstof bemesting (laag 0 kg/ha/j vs hoog 120 kg/ha/j) op SOC opslag.
Zhang et al.	2013	In een model wordt aan een gazon van Kentucky bluegrass met irrigatie 60, 80 of 100% van de potentiële evapotranspiratie terug gegeven. Hoe meer irrigatie hoe meer koolstof opslag in de bodem, omdat de irrigatie de productie van het gras verhoogd. Over 50 jaar is er 8.8 Mg meer koolstof per hectare opgeslagen onder 100 irrigatie, vergelijk met 60%.
Selhorst & Lal	2013	Een gazon is een zink voor koolstof opslag, maar door CO ₂ uitstoot tijdens het onderhoud van het gazon, kan dit omslaan naar een bron. Dit gebeurt gemiddeld na 170-200 jaar. Dit kan langer duren als er alleen bemest wordt, of alleen gemaaid i.p.v. allebei. Vooral minder maaien verlaagd de CO ₂ uitstoot enorm.
Dodd & Mackay	2011	In een permanent grasland met Engels raaigras en klaver onder lage (Olsen P =24 en geen N) en hoge bemesting (Olsen P = 29 en 400 kg N/ha/j) is er na 4 jaar geen verschil in koolstof in de bovenste laag van de bodem. In bovengrondse biomassa productie was wel hoger onder hoge bemesting. Dit zou effect kunnen hebben op de SOC als maaisel terug gebracht wordt naar de bodem. Hier wordt in dit artikel niet verder op ingegaan.
Raturi et al.	2005	Koolstof in een 3 jaar oud grasveld met bentgrass en een 6 jaar oud grasveld met zoysiagrass, gemeten in de bodem en in de stro achtige laag op de bodem (thatch). C is hoger in de stro achtige laag dan in de bodem. De stro achtige laag zou een C zink kunnen zijn en de bodem een C source. Ontwikkeling van een stro achtige laag kan een consequentie zijn van management.
Murphy et al.	1993	In creeping bentgrass puttinggreens op golfbanen is gecultiveerd met holle en massieve tanden, op verdichte en on-verdichte bodem. Er is gekeken naar de organische stof inhoud van de bovengrondse delen en van de stro mat (thatch/mat). Cultivatie met holle tanden verlaagd de OS fractie van de stro mat met 0.24 kg/kg, maar verhoogd de OS inhoud van de bovengrondse delen met 150 g/m ² . Tussen verdichte en on-verdichte bodem is weinig verschil.
Iqbal et al.	2012	In verschillende staten in America wordt gekeken naar tall fescue permanent grasland met en zonder endofyt infectie. SOC is bepaald voor de bovenste 10 cm van de bodem. Gemiddeld over de staten is de SOC 2889 gC/m ² voor endofyt infectie en 2724 gC/m ² zonder endofyt infectie. Gemiddeld is SOC 6% hoger met endofyt infectie.

Jones et al.	2006	In Schotland is er naar een 3 jaar oud grasland gekeken dat wordt gebruikt voor kuilvoer productie. Er zijn verschillende soorten mest gebruikt: kippen mest, runder mest, rioolbezinksel, NH ₄ NO ₃ en urea. Het gaat niet over grasvelden in stedelijk gebied maar het effect van bemesting is toch interessant. SOC wordt voor verschillende bodem lagen tot 40 cm diepte bemonsterd. Organische mest zorgt voor hoger SOC vergeleken met minerale meststoffen.																		
López-Bellido et al.	2010	<p>In de fairway van golfbanen wordt er gekeken naar creeping bentgrass dat is ingezaaid in 1997. In 2004 is een experiment gestard met verschillend hoeveelheden stikstof bemesting (0kg, 37kg/ha/maand, 6 kg/ha/week en 12 kg/ha/week) en met (trinexapac-ethyl en paclobutrazol) en zonder groei regulatoren. Na 4 jaar wordt de SOC tot 30cm diepte bepaald.</p> <p>Groei regulatoren verhogen de SOC. Stikstof bemesting kan de SOC ook verhogen, maar in dit geval alleen in de laag van 0-2.5 cm.</p> <table border="0" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">SOC (Mg C/ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Paclobutrazol</td> <td style="text-align: right;">64</td> </tr> <tr> <td>Trinexapac-ethyl</td> <td style="text-align: right;">56</td> </tr> <tr> <td>Geen groei regulatoren</td> <td style="text-align: right;">48</td> </tr> </tbody> </table> <table border="0" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Stikstof bemesting</th> <th style="text-align: right;">SOC op 0-2.5 cm diepte (gC/kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>37 kg/ha/maand</td> <td style="text-align: right;">65.4</td> </tr> <tr> <td>6 kg/ha/week</td> <td style="text-align: right;">63.0</td> </tr> <tr> <td>12 kg/ha/week</td> <td style="text-align: right;">62.9</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td style="text-align: right;">56.3</td> </tr> </tbody> </table>	SOC (Mg C/ha)		Paclobutrazol	64	Trinexapac-ethyl	56	Geen groei regulatoren	48	Stikstof bemesting	SOC op 0-2.5 cm diepte (gC/kg)	37 kg/ha/maand	65.4	6 kg/ha/week	63.0	12 kg/ha/week	62.9	0	56.3
SOC (Mg C/ha)																				
Paclobutrazol	64																			
Trinexapac-ethyl	56																			
Geen groei regulatoren	48																			
Stikstof bemesting	SOC op 0-2.5 cm diepte (gC/kg)																			
37 kg/ha/maand	65.4																			
6 kg/ha/week	63.0																			
12 kg/ha/week	62.9																			
0	56.3																			
Liu et al.	2011	<p>Onderzoek in California op golfbanen in bentgrass putting greens. Geen bemesting of bemesting van 195, 244 of 305 kg N/ha/jaar. SOC en microbiële koolstof fractie (MBC) gemeten tot 12 cm diepte 1 jaar na het inzaaien.</p> <p>Stikstof bemesting verhoogd de SOC met ongeveer 10%. Echter, hoge stikstof bemesting is negatief voor bodem enzym activiteit en verlaagd de MBC.</p> <table border="0" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Total soil C (mg C/g soil)</th> <th style="text-align: center;">MBC (ug C/g soil)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Unfertilized</td> <td style="text-align: center;">3.6</td> <td style="text-align: center;">44,9</td> </tr> <tr> <td>Low</td> <td style="text-align: center;">3.95</td> <td style="text-align: center;">46,4</td> </tr> <tr> <td>Middle</td> <td style="text-align: center;">3.98</td> <td style="text-align: center;">44,0</td> </tr> <tr> <td>High</td> <td style="text-align: center;">3.85</td> <td style="text-align: center;">41.6</td> </tr> </tbody> </table>		Total soil C (mg C/g soil)	MBC (ug C/g soil)	Unfertilized	3.6	44,9	Low	3.95	46,4	Middle	3.98	44,0	High	3.85	41.6			
	Total soil C (mg C/g soil)	MBC (ug C/g soil)																		
Unfertilized	3.6	44,9																		
Low	3.95	46,4																		
Middle	3.98	44,0																		
High	3.85	41.6																		
Gallardo et al.	2012	Een studie in Chili doet onderzoek naar het effect van bemesting met verschillende hoeveelheden slib van een pulpfabriek (10-30 Mg/ha) op de organische stof in de bodem onder Engels raaigras. Chili is niet vergelijkbaar met Nederland, vooral omdat dit onderzoek op een vulkanische bodem was, echter het effect van bemesting met slib is wel universeel interessant.																		

		Organische stof was 35% hoger bij toediening van 30 Mg/ha slib, vergeleken met de controle zonder bemesting. SOM kan omgerekend worden naar SOC (SOC is ongeveer 50% van SOM).																																																						
Cogger et al.	2013	<p>In tall fescue is het effect van 10 jaar lange bemesting met verschillende hoeveelheden biosolids bestudeerd. De tall fescue is ingezaaid in 1993 in 2002 zijn metingen gedaan. Daarna is er nog 9 jaar overal elk jaar 202 kg anorganische N/ha gegeven. In 2011 is weer bemonsterd. Bemonstering was tot 30 cm diepte. SOC wordt verhoogd door bemesting met biosolids, vooral in de bovenste bodemlaag.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3"></th> <th colspan="6">Total C (g/kg)</th> </tr> <tr> <th colspan="3">2002</th> <th colspan="3">2011</th> </tr> <tr> <th>0-8</th> <th>8-15</th> <th>15-30</th> <th>0-8</th> <th>8-15</th> <th>15-30</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Zero N</td> <td>19</td> <td>14</td> <td>13</td> <td>27</td> <td>17</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Ammonium nitrate (34 Mg/ha)</td> <td>23</td> <td>14</td> <td>14</td> <td>28</td> <td>18</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Biosolids (67 Mg/ha)</td> <td>30</td> <td>15</td> <td>14</td> <td>31</td> <td>22</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Biosolids (134 Mg/ha)</td> <td>36</td> <td>17</td> <td>16</td> <td>34</td> <td>23</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Biosolids (201 Mg/ha)</td> <td>41</td> <td>17</td> <td>16</td> <td>36</td> <td>24</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table>		Total C (g/kg)						2002			2011			0-8	8-15	15-30	0-8	8-15	15-30	Zero N	19	14	13	27	17	13	Ammonium nitrate (34 Mg/ha)	23	14	14	28	18	13	Biosolids (67 Mg/ha)	30	15	14	31	22	14	Biosolids (134 Mg/ha)	36	17	16	34	23	15	Biosolids (201 Mg/ha)	41	17	16	36	24	16
	Total C (g/kg)																																																							
	2002			2011																																																				
	0-8	8-15	15-30	0-8	8-15	15-30																																																		
Zero N	19	14	13	27	17	13																																																		
Ammonium nitrate (34 Mg/ha)	23	14	14	28	18	13																																																		
Biosolids (67 Mg/ha)	30	15	14	31	22	14																																																		
Biosolids (134 Mg/ha)	36	17	16	34	23	15																																																		
Biosolids (201 Mg/ha)	41	17	16	36	24	16																																																		
Cogger et al.	2001	In tall fescue wordt na 7 jaar lange bemesting met verschillend hoeveelheden biosolids (290, 580, 870 kg N/ha/jaar) het effect op SOC bepaald en vergeleken met anorganische N bemesting van 34 kg N/ha/jaar en geen bemesting. Biosolids verhogen de SOC met 2-5 g/kg.																																																						
Maillard et al.	2015	In permanent grasland dat in 1993 in Canada is ingezaaid met tall fescue, wordt 17 jaar lang bemest met twee hoeveelheden (200 en 400 kg N/ha/jaar) heden vloeibare rundermest of minerale mest. Vervolgens wordt de SOC tot 50 cm diepte bepaald. Vloeibare rundermest geeft 3.8 en 7.3 Mg C/ha/jaar respectievelijk voor hoge en lage bemestingshoeveelheid. In de bovenste 20 cm was SOC significant hoger bij bemesting met vloeibare rundermest vergeleken met minerale mest. Lager dan 20 cm waren er geen verschillen.																																																						
Eriksen et al.	2012	In Denemarken wordt gekeken naar een kruiden mengsel (containing salad burnet, fenugreek, chicory, caraway, birdsfoot trefoil, chervil, plantain, lucerne and melilot), 50% kruiden mengsel en 50% grasklaver, 5% kruiden mengsel en 95% grasklaver en sommige kruiden zijn in monoculturen gezaaid. Alle mengsels worden 4 of 6 keer per jaar gemaaid en niet bemest of bemest met 200 kg N/ha/jaar (cattle slurry). Boven en ondergrondse biomassa worden bepaald. Bij 4 keer maaien was de bovengrondse biomassa hoger als er meer soorten in het mengsel zaten en bij hogere bemesting. Bij 4 keer maaien waren er ondergronds ook meer grote wortels als er meer soorten in het mengsel zaten. Bij 6 keer maaien was de bovengrondse biomassa lager en was er geen verschil tussen hoeveelheid soorten in het mengsel.																																																						

		Kruiden in mengsel	Bemesting (kg/ha/jaar)	Aantal keren maaien	Bovengrondse biomassa (t DM/ha)
		5%	0	4	2.6
		50%	0	4	3.6
		100%	0	4	4.7
		5%	200	4	3.2
		50%	200	4	4.4
		100%	200	4	5.9
		5%	0	6	1.8
		50%	0	6	1.7
		100%	0	6	1.6
		Dit gaat niet over SOC, maar als het maaisel wordt teruggebracht op de bodem kan de biomassa hier wel invloed op hebben.			
Qian et al.	2003	In een model studie waarin het CENTURY model wordt gebruikt om SOC over 10-50 jaar te modeleren, wordt gekeken naar een gazon met kentucky bluegrass. Het maaisel wordt verwijderd of teruggebracht en er is hoge (150 kg/ha/jaar) of lage (75 kg/ha/jaar) bemesting. Het model voorspeld dat wanneer het maaisel wordt teruggebracht de toename in koolstof opslag 11-25% is onder hoge bemesting en 11-59% onder lage bemesting. Het terugbrengen van het maaisel verhoogd dus de koolstof opslag en deze potentiële verhoging is hoger onder lage bemesting.			
Qian et al.	2010	In Nebraska wordt op golfvelden gekeken naar verschillende grassoorten (fine fescue, kentucky bluegrass en creeping bentgrass) en wordt wel en niet irrigeren vergeleken voor fine fescue. Na 4 jaar wordt de SOC bepaald tot 20 cm diepte. Geïrrigeerde fine fescue verhoogd de SOC het meest, maar zorgt ook voor hoge SOC decompositie. Zonder irrigatie heeft creeping bentgrass de hoogste koolstof opslag.			
		Grassoort	Irrigatie	SOC toevoeging (Mg C/ha/jaar)	SOC decompositie (Mg C/ha/jaar)
		Fine fescue	Ja	3.35	2.61
		Fine fescue	Nee	1.39	0.87
		Kentucky bluegrass	Nee	2.05	1.73
		Creeping bentgrass	Nee	2.28	1.50
Handayani et al.	2011	In Kentucky is in grasland met tall fescue met en zonder endofyt infectie is na 4 jaar de totale SOC, MBC (microbial biomass C), gemineraliseerde C en POM C (particulate organic matter C) bepaald tot 30 cm diepte. In de laag 0-15 cm waren en significante verschillen voor MBC (26% hoger voor endofyt infectie) en gemineraliseerde C (43% lager voor endofyt infectie). Voor totale SOC en POM C waren geen significante verschillen.			
Kauer et al.	2013	Estland wordt naar een grasland gekeken met twee behandelingen: een gras mengsel (Festuca rubra rubra 50% and Poa pratensis 50%) en een grasklaver mengsel (Phleum pratense 34%, Lolium perenne 38%, and Trifolium repens 28%). Het maaisel wordt teruggebracht of afgevoerd en verschillende			

		<p>mate van bemesting wordt toegepast (NOP0K0, N80P11K48, N160P22K96 en N400P56K240 kg/ha voor het grasmengsel en NOP0K0 en N80P26K50 kg/ha voor het gras klaver mengsel. Na 5 jaar wordt in de lagen 0-5 cm en 5-20 cm diepte de organische C bepaald.</p> <p>Maaisel terugbrengen verhoogd de organische C. Bemesting had geen invloed op organische C. Het grasklaver mengsel heeft meer organische C vergeleken het grasmengsel.</p>																																																	
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Grassoort</th> <th rowspan="2">Diepte (cm)</th> <th rowspan="2">Bemesting (kg N/ha)</th> <th colspan="2">Organische C (mg/g)</th> </tr> <tr> <th>Maaisel teruggebracht</th> <th>Maaisel verwijderd</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="8">Grasmengsel</td> <td rowspan="4">0-5</td> <td>0</td> <td>18.0</td> <td>15.9</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>17.6</td> <td>15.7</td> </tr> <tr> <td>160</td> <td>17.4</td> <td>15.8</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>18.4</td> <td>15.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">5-20</td> <td>0</td> <td>13.4</td> <td>12.2</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>13.2</td> <td>12.5</td> </tr> <tr> <td>160</td> <td>13.6</td> <td>12.3</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>13.1</td> <td>12.7</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Grasklaver</td> <td rowspan="2">0-5</td> <td>0</td> <td>20.8</td> <td>19.3</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>21.2</td> <td>19.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">5-20</td> <td>0</td> <td>14.5</td> <td>14.1</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>14.7</td> <td>13.5</td> </tr> </tbody> </table>	Grassoort	Diepte (cm)	Bemesting (kg N/ha)	Organische C (mg/g)		Maaisel teruggebracht	Maaisel verwijderd	Grasmengsel	0-5	0	18.0	15.9	80	17.6	15.7	160	17.4	15.8	400	18.4	15.5	5-20	0	13.4	12.2	80	13.2	12.5	160	13.6	12.3	400	13.1	12.7	Grasklaver	0-5	0	20.8	19.3	80	21.2	19.5	5-20	0	14.5	14.1	80	14.7	13.5
Grassoort	Diepte (cm)	Bemesting (kg N/ha)				Organische C (mg/g)																																													
			Maaisel teruggebracht	Maaisel verwijderd																																															
Grasmengsel	0-5	0	18.0	15.9																																															
		80	17.6	15.7																																															
		160	17.4	15.8																																															
		400	18.4	15.5																																															
	5-20	0	13.4	12.2																																															
		80	13.2	12.5																																															
		160	13.6	12.3																																															
		400	13.1	12.7																																															
Grasklaver	0-5	0	20.8	19.3																																															
		80	21.2	19.5																																															
	5-20	0	14.5	14.1																																															
		80	14.7	13.5																																															
Law et al.	2017	<p>In Indiana worden grasvelen met tall fescue en kentucky bluegrass gemonitord. Na 3 jaar management, waarin het maaisel wordt verwijderd of teruggebracht wordt de SOC bepaald en libile soil C bepaald tot 5 cm diepte.</p> <p>Koolstof opslag is hoger onder tall fescue vergeleken met kentucky bluegrass en hoger wanneer het maaisel wordt teruggebracht.</p>																																																	
Song et al.	2015	<p>In New Jersey wordt na 8 jaar een turfgras kentucky bluegrass bestudeerd. Tijdens de laatste twee jaar is er gemaaid op 7.6 cm of 3.8 cm hoogte. De koolstof gasuitwisseling is gemeten. Als de temperaturen hoog waren in de zomer was er een netto verlies van koolstof. Een lage maaihoogte maakte dit netto verlies nog hoger. Langer gras en lager temperaturen zorgen voor netto opslag van koolstof. Vooral in de zomer het gras langer houden kan helpen bij het verminderen van koolstof verlies.</p>																																																	
Zirkle et a.	2011	<p>Een model studie in de VS gebruikt data uit wetenschappelijke literatuur om koolstof opslag in gazons te voorspellen. Er werd naar opslag in de laag 0-15 cm gekeken. De netto opslag is de opslag min de uitstoot door maaien, irrigeren, bemesten en gewasbescherming.</p> <p>De gemiddelde netto koolstof opslag in gazons in de VS is 46.0-127.1 g C/m²/jaar. Als het gazon 'do it yourself' werd gemanaged kan dit oplopen tot 80.6-183.0 g C/m²/jaar.</p>																																																	

5.8 Q8. Hoe lang na het inzaaien is er een evenwicht bereikt voor C in de bodem en in het gras?

Auteurs	Jaar	Kern bevindingen
Zhang et al.	2013	In een model wordt aan een gazon van Kentucky bluegrass gemodelleerd over 40 jaar. In het begin wordt er per jaar meer koolstof opgeslagen, dit neemt af naarmate het gazon ouder wordt. Echter na 40 jaar is nog geen stabiele situatie bereikt.
Carley et al.	2011	In 49 verschillende golf velden met Creeping bentgrass (C3) is de koolstof accumulatie over de eerste 25 jaar gemiddeld 1465 g/m ² . Dit is 59 g/m ² /jaar. De curve van koolstof accumulatie verloopt hyperbolisch, wat betekend dat er op den duur een evenwicht wordt bereikt. Dit is nog niet het geval na 25 jaar, maar de curve is dan al wel sterk aan het afzwakken.
Qian & Follett	2002	In een meta analyse van golfvelden in de US worden 16 golfvelden van verschillende leeftijden onderzocht. Het oudste veld is 45 jaar en het jongste 1.5. De grassoorten in de putting greens zijn voornamelijk creeping bentgrass of een mix van creeping bentgrass en annual bluegrass, de grassoorten in de fairways zijn perennial ryegrass, Kentucky bluegrass en een mix van die twee. De koolstof vastlegging in de bodem van deze golfvelden was gemiddeld 0.9 en 1.0 t/ha/jaar respectievelijk voor fairway en putting greens. Echter de toename van koolstof in de bodem is het hoogst tijdens de eerste 25-30 jaar en wordt dan minder. In fairways is een evenwicht bereikt na 31 jaar en in de putting greens is dit na 45 jaar bereikt.
Fransluebbbers et al.	2002	Permanent grasland van begraasd tall fescue (C3) wordt vergeleken met gehooïd bermudagrass (C4). Grasvelden van 5-50 jaar worden geanalyseerd. SOC tot 20 cm diepte was hoger onder begraasd tall fescue (3800 g/m ²) dan onder gehooïd bermudagrass (3112 g/m ²). Maximum SOC is in beide gras systemen na 30-45 jaar bereikt. Op de lange termijn hebben grasvelden de zelfde potentie als bosland om SOC vast te leggen.
Wright et al.	2004	In Texas zijn twee soorten bermudagrass (coastal and common bermudagrass). gezaaid in 1969. Het grasland wordt met hoge en lage intensiteit begraasd en er zijn behandelingen met winter overzaai van raaigras (Lolium multiflorum) of klaver. 7, 15, 26 en 32 jaar naar zaaien worden er bodem monsters genomen om de SOC te meten. Tot 26 jaar na zaaien was er toename in SOC.

Samenvatting van conclusies en suggesties voor verder onderzoek

Q1. Wat is de hoeveelheid C in grasvelden, zowel in bodem als in de wortel en spruit?

Koolstof opslag kan vrij hoog zijn in de stro achtige laag op de bodem (thatch) (murphy et al., 1993). Dit kan hoger zijn dan de koolstof opslag in de bodem (Raturi et al., 2005). De dikte van deze stro achtige laag is gecorreleerd met de Koolstof accumulatie in de bodem, hoe dikker hoe hoger de koolstof opslag (Evers et al., 2020).

C3 grassen veldbeemdgras en rietzwenkgras kunnen meer koolstof opslaan dan C4 gras bermudagrass (Singh et al., 2019; Fransluebbers et al., 2002). Rietzwenkgras slaat weer meer koolstof op dan veldbeemdgras (Law & Patton, 2017). Roodzwenkgras legt meer koolstof vast dan Engels raaigras (Evers et al., 2020). Echter, in sommige andere studies wordt weinig verschil in koolstof opslag gevonden tussen grassen (Acuna et al., 2017; Willms et al., 2005).

Hoofdpunten

- Veel koolstof opslag in stro achtige laag
- Rietzwenkgras en roodzwenkgras (beide fescue's) leggen over het algemeen meer koolstof vast.

Verder onderzoek

- Meer onderzoek naar verhoudingen van koolstof vastlegging in bodem, stro achtige laag, wortel en spruit

Q2. Wat is het onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden van verschillende grassoorten?

In een gematigd klimaat kunnen C3 grassen meer SOC vastleggen dan C4 gewassen (Raturi et al., 2005; Fransluebers et al., 2002), het is dus van belang de juiste grassen bij een klimaat te kiezen (Singh et al., 2019). Dit wordt bevestigd door een studie van Acuna et al. (2017) in een aride klimaat in Chili, waarin gevonden is dat bermudagrass (*Cynodon dactylon*), een C4 gras, hier wel meer koolstof opslaat in het gewas zelf, dan andere C3 grassen.

Tussen twee C4 grassen, prachtriet (*Miscanthus*) en vingergras (*Panicum virgatum*), worden geen verschillen in SOC gevonden (Ferchaud et al., 2016). Ook tussen twee soorten bermudagrass (coastal en common bermudagrass) worden geen verschillen gevonden (Wright et al., 2004). Tussen verschillende C3 grassen worden wel verschillen in koolstof accumulatie in de bodem gevonden. Bijvoorbeeld rietzwenkgras (*Festuca arundinacea*) legt per jaar meer koolstof vast in de bodem dan veldbeemdgras (*Poa pratensis*) (Law & Patton, 2017; Law et al., 2017). Roodzwenkgras legt meer koolstof vast dan Engels raaigras (Evers et al., 2020). Wit struisgras (*Agrostis stolonifera*) slaat iets meer koolstof op in de bodem dan veldbeemdgras (*Poa pratensis*) en veel meer dan fijn schapengras (*Festuca filiformis*). Echter, in sommige andere studies wordt weinig verschil in koolstof opslag gevonden tussen grassen (Acuna et al., 2017; Willms et al., 2005).

Niet alleen het type gras, C3 of C4, moet passen bij een bepaald klimaat, inheemse grassen kunnen ook productiever te zijn dan niet-inheemse grassen (Willms et al., 2005). Dit kan effect hebben op de potentiële koolstof vastlegging. Dat zowel type gras als het natuurlijk voorkomen van een gras in een gebied van belang zijn, laten ook Tufekcioglu et al. (2003) zien in een studie in Iowa (USA), waarin een grasbuffer met vingergras (*Panicum virgatum*), een inheems C4 gras, significant meer koolstof in wortel, scheut en strooisel vastlegt dan een grasbuffer van niet-inheemse C3 grassen.

Voor het Nederlandse klimaat zijn C4 gewassen niet interessant. Zelf als klimaat verandering wordt meegenomen moeten klimaat zones erg ver opschuiven wil dit interessant worden. Echter, ook in Nederland

kan het interessant zijn of, en zo ja welke, inheemse grassen meer koolstof kunnen vastleggen dan niet-inheemse grassen.

Hoofdpunten

- C3 grassen leggen meer koolstof vast in een gematigd klimaat en C4 grassen meer in een aride/tropisch klimaat.
- Inheemse grassen leggen zijn productiever en kunnen meer koolstof vast leggen dan niet-inheemse grassen.
- Rietzwenkgras en roodzwenkgras (beide fescue's) lijken meer koolstof op te slaan in de bodem.

Verder onderzoek

- Het onderzoek naar inheemse en uitheemse grassen komt voornamelijk uit de Verenigde Staten. Geldt dit ook voor Nederland? Wat zijn inheemse grassen die het hier beter zouden doen?
- Slaan zwenkgrassen in Nederland inderdaad meer koolstof op in de bodem, vergeleken met andere grassoorten?

Q3. Is er onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden met een verschillende gebruiksfunctie? (park, sport, berm, etc.)

Er is geen onderzoek gevonden over koolstof vastlegging in grasvelden met een verschillende gebruiksfunctie. Er is echter wel onderzoek naar de effecten van verschillend beheer op koolstof vastlegging. Dit zou gekoppeld kunnen worden aan gebruiksfuncties. Een golfveld wordt bijvoorbeeld intensief beheerd met bemesting, beregening en frequent maaien, terwijl een berm extensief wordt beheerd. Ook wordt op een sportveld het maaisel vaak achtergelaten, terwijl het in een berm wordt afgevoerd. Deels kan er dus gekeken worden bij onderzoeksvraag 7.

Hoofdpunten

- Nog geen onderzoek naar gedaan.

Verder onderzoek

- Metingen van koolstof vastlegging in grasvelden met een verschillende gebruiksfunctie.

Q4. Is er onderscheid in hoeveelheid C tussen grasvelden met een verschillende ondergrond? (zand, klei, etc.)

In België is op verschillende grondsoorten onderzoek gedaan naar koolstof opslag in de bodem, twee tot drie jaar nadat akkerland is ingezaaid met permanent grasland. De transformatie naar permanent grasland verhoogd de koolstof opslag. Deze verhoging is 35% op klei, 14% op leem en slechts 2% op zand. Er is verder geen onderzoek gevonden naar koolstof vastlegging in grasvelden op verschillende bodem types, in een gematigd klimaat. Er is wel een studie gevonden in Nieuw Zeeland die een significant verschil in SOC laten zien tussen een andisol en een inceptisol (Parfitt et al., 2002). Een andisol is een jonge vulkanische bodem en dus niet van toepassing in Nederland. Dit onderzoek geeft echter wel aan dat er potentie is voor verschil in koolstof vastlegging als gevolg van bodem type. Sportvelden, golfvelden en gazons worden vaak op zandgrond aangelegd. Bermen en parken kunnen echter ook op klei liggen.

Hoofdpunten

- Weinig onderzoek gedaan, maar het onderzoek dat er is geeft aan dat er verschil in koolstof vastlegging kan zijn als gevolg van bodem type.

Verder onderzoek

- Verder onderzoek naar koolstof vastlegging in grasvelden op verschillende Nederlandse bodemtypes.

Q5. Wat is het effect van verhoging van organische stof op het gebruik van grasvelden?

In een studie van Carley et al. (2011) is gemeten dat, in 49 verschillende golf velden met wit struisgras (*Agrostis stolonifera*), de koolstof accumulatie over de eerste 25 jaar gemiddeld 1465 g/m² is. Er is in deze periode dus ook een verhoging van het organisch materiaal in de bodem. Deze verhoging in SOM kan zorgen voor een verlaging van de gezondheid van het grasveld. Een kritisch level hiervoor is vastgesteld op 35-40 g SOM/kg bodem. Als dit wordt overschreden kunnen macro poriën verstopt raken, wat drainage en gas uitwisseling in de wortelzone tegenwerkt. De curve van SOM accumulatie is hyperbolisch in de bovenste 2.5 cm van de bodem. In deze top laag is het kritische niveau van 40 g/kg bodem bereikt na 5 jaar. In dieper lagen is de accumulatie langzamer en wordt dit kritische niveau ook na 20 jaar nog niet overschreden. Er zijn verder geen studies gevonden naar de effecten van verhoogd organisch stofgehalte op het gebruik van grasvelden.

Hoofdpunten

- Verhoogd SOM verstopt de poriën en beperkt drainage en gasuitwisseling in de wortel zone. Dit verlaagd de gezondheid van een grasveld.
- Geen verder onderzoek naar effect van verhoogd SOM op gebruik.

Verder onderzoek

- Meer onderzoek naar effect van verhoogd SOM op kwaliteit van grasvelden.
- Onderzoek naar bijvoorbeeld bespeelbaarheid van sport of golfvelden bij verhoogd SOM.

Q6. Heeft een mengsel van gras en kruiden een andere hoeveelheid C, vergeleken met puur gras?

In Polen wordt een grasland ingezaaid met een monocultuur van roodzwenkgras (*Festuca rubra*), dit wordt vergeleken met een grasland waarin acht grassoorten als mengsel worden ingezaaid (*Festuca pratensis* (15%), *Phleum pratense* (20%), *Dactylis glomerata* (10%), *Festuca arundinacea* (5%), *Bromus inermis* (5%), *Lolium perenne* (10%), *Poa pratensis* (15%), and *Festuca rubra* (20%)). Na twee jaar wordt de koolstof vastlegging vergeleken en deze blijkt hoger te zijn voor het mengsel, echter de resultaten zijn niet significant (Kusinska et al., 2012). Handayani et al. (2010) vergelijken een monocultuur van rietzwenkgras (*Festuca arundinacea*) met een mengsel van rietzwenkgras, klaver en andere grassen zoals timoteegras (*Phleum pratense*), kropbaar (*Dactylis glomerata*) en vingergras (*Digitaria*). Na vijf jaar is de koolstof opslag zowel in de laag 0-15 centimeter als in de laag 15-30 centimeter hoger voor het mengsel. Kauer et al. (2013) vergelijken een mengsel met 2 grassen (roodzwenkgras (*Festuca rubra*) en veeldbeemdgras (*Poa pratensis*)) met een grasklaver mengsel (timoteegras (*Pleum pratense*), Engels raaigras (*Lolium perenne*) en witte klaver (*Trifolium repens*)). Het grasklaver mengsel legt meer koolstof vast in de bodem, zowel in de boven laag (0-5 centimeter) als in de diepere laag (5-20 centimeter). Ook Eriksen et al. (2012) vinden hogere koolstof vastlegging naarmate het aandeel kruiden in een grasmengsel toeneemt. Meer verschillende grassen in een mengsel, of het toevoegen van kruiden aan een grasland kan de opslag van koolstof dus verhogen.

Hoofdpunten

- Meer verschillende grassen in een mengsel, of het toevoegen van kruiden aan een grasland kan de opslag van koolstof dus verhogen.

Verder onderzoek

- Onderzoek naar mengsels in bermen met grassen en kruidige soorten.

Q7. Wat is het effect van beheer op de hoeveelheid C in een grasveld? (maai strategie, bemesting, irrigatie)

Maai frequentie en het wel of niet afvoeren van maaisel kunnen effect hebben op koolstof vastlegging. Op een gazon zorgt vaker maaien en het terugbrengen van maaisel voor meer CO₂ uitstoot, maar het verhoogd ook de productie van het gras, en daarmee de opslag van koolstof. Netto wordt er meer koolstof opgeslagen in een frequenter gemaaid gazon en als het maaisel wordt teruggebracht op het gazon (Law & Patton, 2017). Echter, uit onderzoek van Song et al. (2015) blijkt dat de koolstof opslag hoger is voor langer gras bij lagere temperaturen. Als het gras kort gemaaid wordt en de temperaturen liggen hoger, zoals in de zomer, dan kan het grasveld netto koolstof verliezen in plaats van opslaan. Ook wordt in een model studie van Selhorst & Lal (2013) gevonden dat een goed onderhouden gazon van een koolstof zink kan omslaan naar een bron. Dit gebeurt echter pas na 170-200 jaar en kan nog langer duren als er minder frequent gemaaid wordt of minder bemest. Vooral minder frequent maaien bespaard veel CO₂ uitstoot (Selhorst & Lal, 2013). Zirkle et al. (2011) vinden netto koolstof opslag in gazons, echter de netto opslag kan potentieel groter zijn wanneer een gazon 'do it yourself' gemanaged wordt met weinig input. In een studie van Acuna et al. (2017) is de koolstof accumulatie in de grassen zelf aanzienlijke, echter omdat het maaisel wordt afgevoerd draagt dit minder bij aan de koolstof opslag in de bodem. In een model studie van Qian et al. (2003) is de potentiële koolstof opslag hoger als het maaisel wordt teruggebracht. Dit vinden Kauer et al. (2013) ook in grasland met verschillende grassoorten en klaver en Law et al. (2017) voor grasvelden met rietzwenkgras (*Festuca arundinacea*) en veldbeemdgras (*Poa pratensis*).

Als er in een grasveld een stro achtige laag op de bodem wordt gevormd (thatch) kan hier meer koolstof in worden opgeslagen dan in de bodem onder het grasveld (Raturi et al. 2005). De ontwikkeling van een stro achtige laag kan een consequentie zijn van beheer. Op een golfbaan met wit struisgras (*Agrostis stolonifera*) wordt cultivatie met holle of massieve tanden vergeleken. Cultivatie met holle tanden verlaagd de organische stof fractie van de stro achtige laag, maar verhoogd de organische stof inhoud van de bovengrondse delen van het gras (Murphy et al., 1003).

Ferchaud et al. (2016) en Kauer et al. (2013) vinden geen effect van hoge of lage stikstof bemesting op koolstof opslag in de bodem. Echter, Liu et al. (2011) vinden wel hogere koolstof opslag bij hogere stikstof bemesting in golfbanen met wit struisgras (*Agrostis stolonifera*). Dodd & Mackay (2011) en Eriksen et al. (2015) vinden hogere bovengrondse biomassa bij hogere stikstof bemesting. Dit zou effect kunnen hebben op de SOC als het maaisel teruggebracht wordt op de bodem.

Verschillende studies vergelijken bemesting met organische mest in de vorm van bijvoorbeeld kippen mest, runder mest, rioolbezinksel, biosolids of slib met anorganische stikstof bemesting. Allen vinden zijn meer koolstof vastlegging of hogere organische stof gehalten in de bodem bij bemesting met organische mest (Jones et al., 2006; Cogger et al. (2001); Cogger et al. (2013); Gallardo et al. (2012); Maillard et al., 2015).

In een model studie van Zhang et al., wordt 60, 80 of 100% van de potentiële evapotranspiratie van een veldbeemdgras (*Poa pratensis*) gazon teruggegeven met irrigatie. Hoe meer irrigatie hoe meer koolstof er wordt opgeslagen in de bodem, omdat de irrigatie de productie van het gras verhoogd. Na 50 jaar is er 8.8 Mg meer koolstof per hectare opgeslagen onder 100% irrigatie, vergeleken met 60%. Ook Qian et al. (2010) vinden meer koolstof vastlegging bij irrigatie op golfvelden.

Rietzwenkgras (*Festuca arundinacea*) met en zonder endofyt infectie wordt vergeleken door Iqbal et al. (2012), in verschillende staten in Amerika. In de bovenste 10 centimeter van de bodem is de koolstof opslag gemiddeld 6% hoger met endofyt infectie. Echter Handayani et al. (2011) vinden geen significante verschillen in koolstof opslag tussen rietzwenkgras met en zonder endofyt infectie.

López-Bellido et al. (2010) vinden hogere koolstof opslag in grasvelden met wit struisgras (*Agrostis stolonifera*) wanneer groei regulatoren zijn gebruikt.

Hoofdpunten

- Frequent maaien en maaisel terugbrengen op de bodem zorgt voor meer koolstof opslag. Op de lang termijn kunnen deze management handelingen ook voor veel CO₂ uitstoot geven, die de koolstof opslag compenseert.
- Er wordt veel koolstof opgeslagen in een stro achtige laag (thatch).
- Het effect van meer bemesting op koolstof vastlegging is niet eenduidig. Wel is er een positief effect van hogere bemesting op productie, wat invloed kan hebben op koolstof vastlegging als het maaisel wordt teruggebracht op de bodem.

-
- Bemesting met organische mest verhoogd de koolstof vastlegging in de bodem meer dan anorganische stikstof bemesting.
 - Irrigatie verhoogd de productie en daarmee de koolstof vastlegging.
 - Endofyt infectie in rietzwenk gras kan de koolstof opslag in de bodem licht verhogen.
 - Toepassing van groei regulatoren kan de koolstof opslag in de bodem verhogen.

Verder onderzoek

- Uitstoot berekenen van beheer (maaien, bemesting, irrigatie) van verschillende type grasvelden (sport, berm, park etc). Is dit meer of minder dan de koolstof vastlegging in deze grasvelden?
- Wat zijn de effecten van meer bemesting als het maaisel wel wordt teruggebracht op de bodem?

Q8. Hoe lang na het inzaaien is er een evenwicht bereikt voor C in de bodem en in het gras?

De koolstof vastlegging in een grasveld is in de eerste jaren hoger en neemt dan met een hyperbolische curve af als het grasveld ouder wordt (Zhang et al., 2013). Wanneer dit evenwicht wordt bereikt kan verschillen per grassoort. In gazons met veldbeemdgras (*Poa pratensis*) is na 40 jaar nog geen evenwicht bereikt (Zhang et al., 2013). In golfvelden met wit struisgras (*Agrostis stolonifera*) is de koolstof accumulatie over de eerste 25 jaar gemiddeld 59 g C/m². Na 25 jaar is er nog geen evenwicht bereikt, maar is de curve wel strek aan het afvlakken (Carley et al., 2011). In een andere studie naar golfvelden met onder ander veldbeemdgras, struisgras, Engels raaigras (*Lolium perenne*) en straat gras (*Poa annua*), is de gemiddelde koolstof accumulatie 0,9-1 t/ha/jaar (Qian & Follet, 2002). In deze studies is na 30-45 jaar een evenwicht bereikt. In een studie van Fransluebeers et al. (2002) naar permanent grasland met rietzwenkgras (*Festuca arundinacea*) en bermudagrass (*Cynodon dactylon*) is ook voor beide grassen na 30-45 jaar een maximum SOC bereikt. In een studie in Texas waar naar twee soorten bermudagrass wordt gekeken was er tot 26 jaar na zaaien een toename in koolstof opslag in de bodem (Wright et al., 2004).

Hoofdpunten

- Koolstof accumulatie verloopt volgens een hyperbolische curve. Wanneer evenwicht is bereikt verschilt per grassoort, maar licht ongeveer tussen de 30-45 jaar.

Verder onderzoek

- Er zou meer onderzoek gedaan kunnen worden naar grassoorten die potentie lijken te hebben voor koolstof vastlegging in het Nederlandse klimaat.

6 Referenties

- Acuña E, A. A., Pastenes V, C., & Villalobos G, L. (2017). Carbon sequestration and photosynthesis in newly established turfgrass cover in central Chile. *Agronomy Journal*, 109(2), 397-405.
- Carley, D. S., Goodman, D., Sermons, S., Shi, W., Bowman, D., Miller, G., & Rufty, T. (2011). Soil organic matter accumulation in creeping bentgrass greens: a chronosequence with implications for management and carbon sequestration. *Agronomy Journal*, 103(3), 604-610.
- Carter, M. R., & Gregorich, E. G. (2010). Carbon and nitrogen storage by deep-rooted tall fescue (*Lolium arundinaceum*) in the surface and subsurface soil of a fine sandy loam in eastern Canada. *Agriculture, ecosystems & environment*, 136(1-2), 125-132.
- Cogger, C. G., Bary, A. I., Fransen, S. C., & Sullivan, D. M. (2001). Seven years of biosolids versus inorganic nitrogen applications to tall fescue. *Journal of Environmental Quality*, 30(6), 2188-2194.
- Cogger, C. G., Bary, A. I., Myhre, E. A., & Fortuna, A. M. (2013). Biosolids applications to tall fescue have long-term influence on soil nitrogen, carbon, and phosphorus. *Journal of Environmental Quality*, 42(2), 516-522.
- Dodd, M. B., & Mackay, A. D. (2011). Effects of contrasting soil fertility on root mass, root growth, root decomposition and soil carbon under a New Zealand perennial ryegrass/white clover pasture. *Plant and soil*, 349(1-2), 291-302.
- Eriksen, J., Mortensen, T., & Søgaard, K. (2012). Root biomass and carbon storage in differently managed multispecies temporary grasslands. *Grassland Science in Europe*, 17, 610-612.
- Evers, M., de Kroon, H., Visser, E., & de Caluwe, H. Carbon accumulation of cool season sports turfgrass species in distinctive soil layers. *Agronomy Journal*.
- Ferchaud, F., Vitte, G., & Mary, B. (2016). Changes in soil carbon stocks under perennial and annual bioenergy crops. *Gcb Bioenergy*, 8(2), 290-306.
- Franzluebbers, A. J., Stuedemann, J. A., Schomberg, H. H., & Wilkinson, S. R. (2000). Soil organic C and N pools under long-term pasture management in the Southern Piedmont USA. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(4), 469-478.
- Franzluebbers, A. J., & Stuedemann, J. A. (2005). Soil carbon and nitrogen pools in response to tall fescue endophyte infection, fertilization, and cultivar. *Soil Science Society of America Journal*, 69(2), 396-403.
- Gallardo, F., Cea, M., Tortella, G. R., & Diez, M. C. (2012). Effect of pulp mill sludge on soil characteristics, microbial community and vegetal production of *Lolium Perenne*. *Journal of environmental management*, 95, S193-S198.
- Handayani, I. P., Coyne, M. S., & Tokosh, R. S. (2010). Soil organic matter fractions and aggregate distribution in response to tall fescue stands. *International Journal of Soil Science*, 5(1), 1.
- Handayani, I. P., Coyne, M. S., & Phillips, T. D. (2011). Soil organic carbon fractions differ in two contrasting tall fescue systems. *Plant and soil*, 338(1), 43-50.
- Iqbal, J., Siegrist, J. A., Nelson, J. A., & McCulley, R. L. (2012). Fungal endophyte infection increases carbon sequestration potential of southeastern USA tall fescue stands. *Soil Biology and Biochemistry*, 44(1), 81-92.
- Jones, S. K., Rees, R. M., Kosmas, D., Ball, B. C., & Skiba, U. M. (2006). Carbon sequestration in a temperate grassland; management and climatic controls. *Soil Use and Management*, 22(2), 132-142.
- Kauer, K., Kölli, R., Viiralt, R., Köster, T., Noormets, M., Laidna, T., ... & Raave, H. (2013). Effect of cut plant residue management and fertilization on the dry-matter yield of swards and on carbon content of soil. *Communications in soil science and plant analysis*, 44(1-4), 205-218.

-
- Kumar, S., Udawatta, R. P., & Anderson, S. H. (2010). Root length density and carbon content of agroforestry and grass buffers under grazed pasture systems in a Hapludalf. *Agroforestry systems*, 80(1), 85-96.
- Kusińska, A., Makulec, G., & Oktaba, L. (2016). Role of *aporrectodea caliginosa* in the processes of soil organic matter transformation under the condition of monoculture and multispecies plant community. *Polish Journal of Soil Science*, 45(1), 9.
- Law, Q. D., & Patton, A. J. (2017). Biogeochemical cycling of carbon and nitrogen in cool-season turfgrass systems. *Urban Forestry & Urban Greening*, 26, 158-162.
- Law, Q. D., Trappe, J. M., Jiang, Y., Turco, R. F., & Patton, A. J. (2017). Turfgrass selection and grass clippings management influence soil carbon and nitrogen dynamics. *Agronomy Journal*, 109(4), 1719-1725.
- Liu, Y., Dell, E., Yao, H., Rufty, T., & Shi, W. (2011). Microbial and soil properties in bentgrass putting greens: impacts of nitrogen fertilization rates. *Geoderma*, 162(1-2), 215-221.
- López-Bellido, R. J., Lal, R., Danneberger, T. K., & Street, J. R. (2010). Plant growth regulator and nitrogen fertilizer effects on soil organic carbon sequestration in creeping bentgrass fairway turf. *Plant and soil*, 332(1), 247-255.
- Maillard, É., Angers, D. A., Chantigny, M., Bittman, S., Rochette, P., Lévesque, G., ... & Parent, L. É. (2015). Carbon accumulates in organo-mineral complexes after long-term liquid dairy manure application. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 202, 108-119.
- Mestdagh, I., Lootens, P., De Vlieghe, A., Van Waes, J., Van Cleemput, O., & Carlier, L. (2005). The influence of different management treatments and soil types on biomass and soil organic carbon. *Integrating Efficient Grassland Farming and Biodiversity*, 10, 511-514.
- Murphy, J. A., Rieke, P. E., & Erickson, A. E. (1993). Core cultivation of a putting green with hollow and solid tines. *Agronomy Journal*, 85(1), 1-9.
- Parfitt, R. L., Parshotam, A., & Salt, G. J. (2002). Carbon turnover in two soils with contrasting mineralogy under long-term maize and pasture. *Soil Research*, 40(1), 127-136.
- Qian, Y., & Follett, R. F. (2002). Assessing soil carbon sequestration in turfgrass systems using long-term soil testing data. *Agronomy Journal*, 94(4), 930-935.
- Qian, Y. L., Bandaranayake, W., Parton, W. J., Mecham, B., Harivandi, M. A., & Mosier, A. R. (2003). Long-term effects of clipping and nitrogen management in turfgrass on soil organic carbon and nitrogen dynamics: The CENTURY model simulation. *Journal of Environmental Quality*, 32(5), 1694-1700.
- Qian, Y., Follett, R. F., & Kimble, J. M. (2010). Soil organic carbon input from urban turfgrasses. *Soil Science Society of America Journal*, 74(2), 366-371.
- Raturi, S., Islam, K. R., Carroll, M. J., & Hill, R. L. (2005). Thatch and soil characteristics of cool-and warm-season turfgrasses. *Communications in soil science and plant analysis*, 35(15-16), 2161-2176.
- Sanaullah, M., Chabbi, A., Girardin, C., Durand, J. L., Poirier, M., & Rumpel, C. (2014). Effects of drought and elevated temperature on biochemical composition of forage plants and their impact on carbon storage in grassland soil. *Plant and soil*, 374(1-2), 767-778.
- Selhorst, A., & Lal, R. (2013). Net carbon sequestration potential and emissions in home lawn turfgrasses of the United States. *Environmental management*, 51(1), 198-208.
- Singh, S., Yan, S., Sorochan, J., Stier, J., Mayes, M. A., Zhuang, J., & Jagadamma, S. (2019). Soil carbon accumulation and nutrient availability in managed and unmanaged ecosystems of east Tennessee. *Soil Science Society of America Journal*, 83(2), 458-465.
- Skinner, H. (2007). Winter carbon dioxide fluxes in humid-temperate pastures. *Agricultural and forest meteorology*, 144(1-2), 32-43.
- Song, Y., Burgess, P., Han, H., & Huang, B. (2015). Carbon balance of turfgrass systems in response to seasonal temperature changes under different mowing heights. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 140(4), 317-322.
- Tufekcioglu, A., Raich, J. W., Isenhardt, T. M., & Schultz, R. C. (2003). Biomass, carbon and nitrogen dynamics of multi-species riparian buffers within an agricultural watershed in Iowa, USA. *Agroforestry Systems*, 57(3), 187-198.

-
- Willms, W. D., Ellert, B. H., Janzen, H. H., & Douwes, H. (2005). Evaluation of native and introduced grasses for reclamation and production. *Rangeland ecology & management*, 58(2), 177-183.
- Wright, A. L., Hons, F. M., & Rouquette Jr, F. M. (2004). Long-term management impacts on soil carbon and nitrogen dynamics of grazed bermudagrass pastures. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(11), 1809-1816.
- Zhang, Y., Qian, Y., Bremer, D. J., & Kaye, J. P. (2013). Simulation of nitrous oxide emissions and estimation of global warming potential in turfgrass systems using the DAYCENT model. *Journal of environmental quality*, 42(4), 1100-1108.
- Zirkle, G., Lal, R., & Augustin, B. (2011). Modeling carbon sequestration in home lawns. *HortScience*, 46(5), 808-814.

Bijlage 3 Meetplan en bemonsterde grasrassen in grasproeven 2021 en 2022

Rassenkeuze bemonstering aflopende CGO proeven juni 2021

Gazonproeven

Engels raaigras

Dichtheid	Verkleuring bij droogte	rasnaam
Dicht	slecht	17ER 1056
Dicht	goed	DLF LGD-3810
minder dicht	slecht	Barmarga
minder dicht	goed	Eurodiamond
nog wat minder dicht	goed	Fabian (tetra)
nog wat minder dicht	goed	Tetramagic (LMG LGT-22011)

Veldbeemdgras

Dichtheid	Verkleuring bij droogte	rasnaam
Dicht	slecht	Becca
Dicht	goed	Limousine
minder dicht	slecht	Yvette
minder dicht	goed	Bariris

Betredingsproeven

Grassoort	ploidi	rasnaam
Engels raaigras	di	Barmarga
Engels raaigras	di	Eurodiamond
Engels raaigras	tetra	Fabian
Engels raaigras	tetra	Tetramagic
Veldbeemdgras		Greenplay
Veldbeemdgras		Markus
Veldbeemdgras		Bariris
Veldbeemdgras	fijnbladig	Becca

Bemonsterde rassen in proef Barenbrug eind 2021

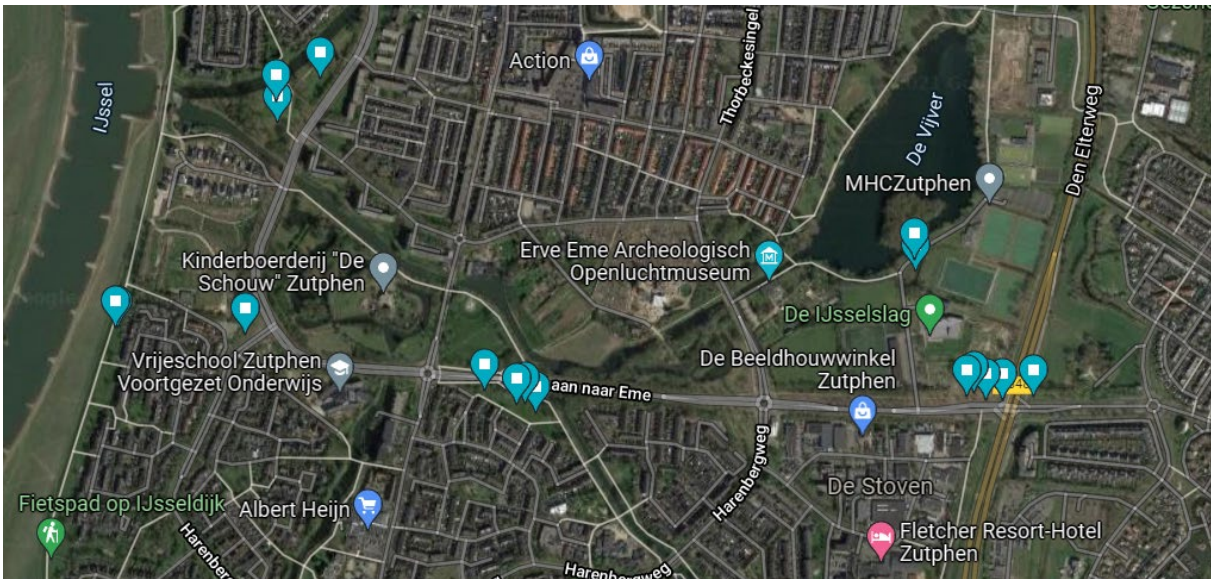
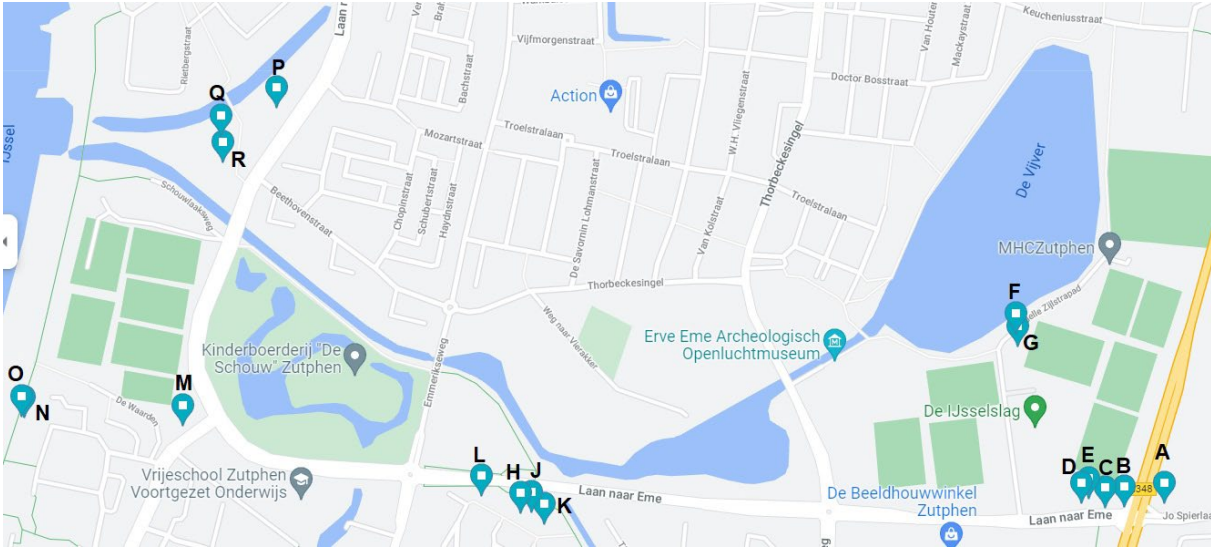
soort	rascode	rasnaam	omschrijving	maaihoogte	
Pp		Yvette	gemiddeld ras	lang	
Fa	A	Barnoble	minder fijne en dichte zode	lang	
Fa	B	Baronesse	gemiddeld fijn en dicht	lang	
Fa	C	Firecracker	meer fijn en dichte zode	lang	
Lp		Vesuvius	gemiddeld ras	lang	kort
Fr		Barcrown	fijn dicht ras Frt	lang	kort

Bemonsterde grassoorten en rassen in proef Barenbrug november 2022

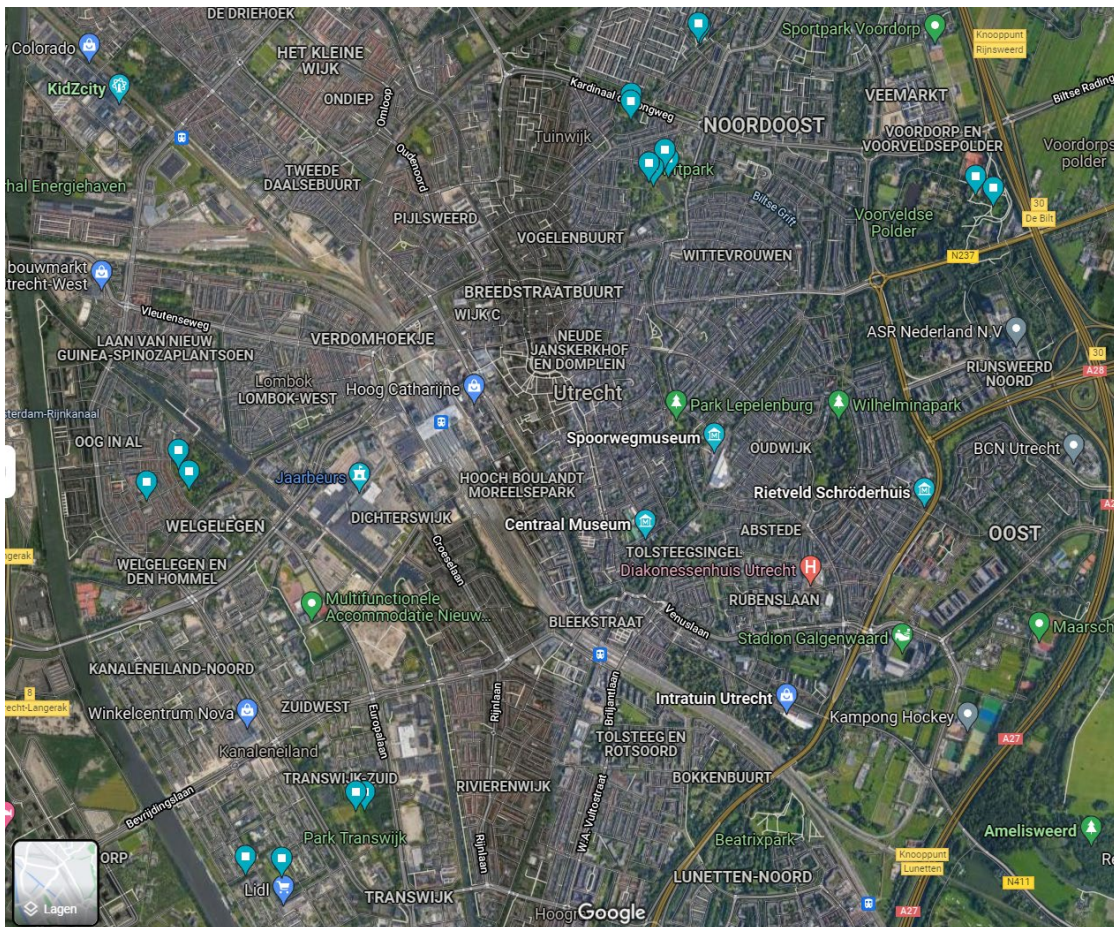
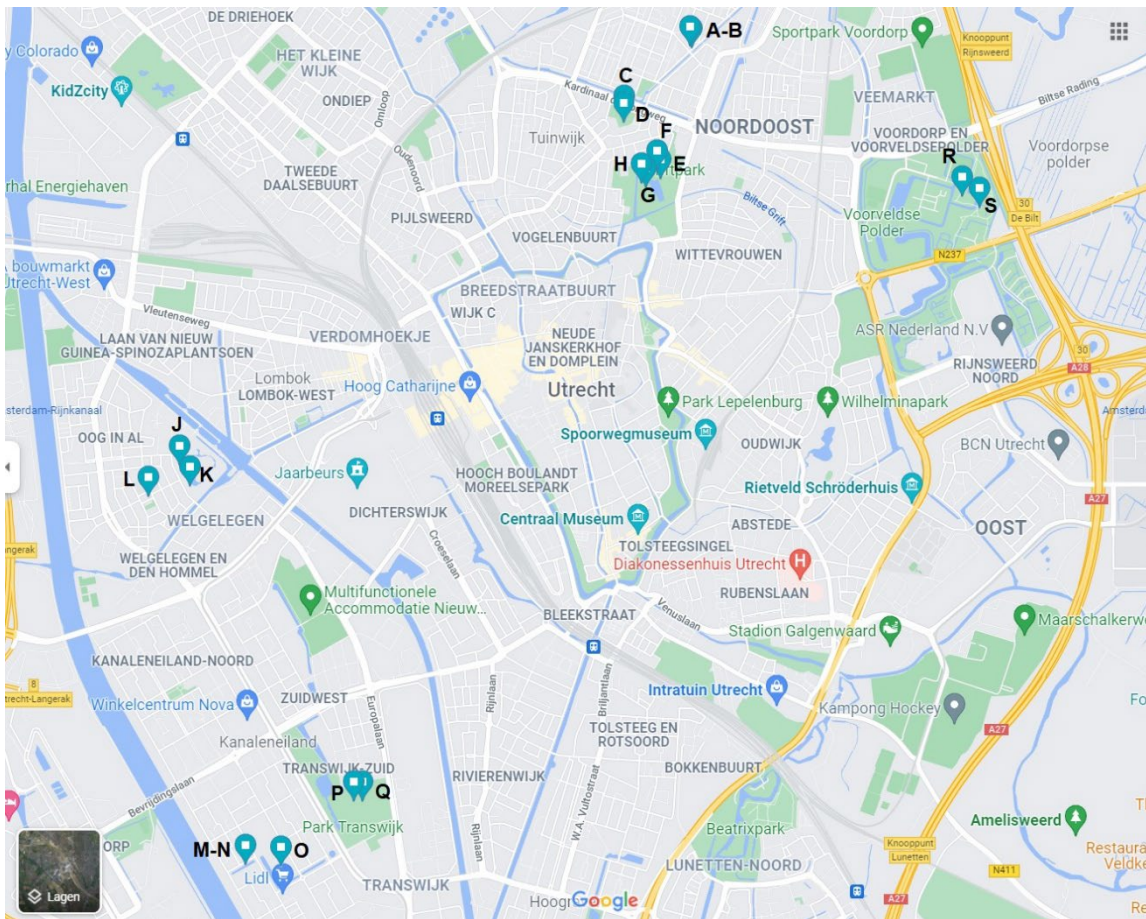
Grassoort	Rasnaam	kwaliteit	herhaling		
			zodedichtheid	herhaling 1	herhaling 2
Engels raaigras <i>Lolium perenne</i>					
	Eurosport	vrij dicht		A1	A2
	Barbasten	vrij dicht		B1	B2
	Barolympic	dicht		C1	C2
	Clementine	dicht		D1	D2
veldbeemdgras <i>Poa pratensis</i>					
	Yvette	vrij dicht		E1	E2
	Barclaren	vrij dicht		F1	F2
	Joker	dicht		G1	G2
rietzwenkgras <i>Festuca arundinacea</i>					
	Firecracker	donkergroen		H1	H2
	Essential	donkergroen		I1	I2
	Baraline	lichtgroen		K1	K2
	Bardesta	lichtgroen		L1	L2
gewoon roodzwenkgras <i>Festuca rubra commutata</i>					
	Barlineus	dicht		M1	M2
	Siskin	vrij dicht		N1	N2
roodzwenkgras met fijne uitlopers <i>Festuca tenuifolia</i>					
	Barcrown	dicht		O1	O2
	Nigella	vrij dicht		P1	P2
roodzwenkgras met forse uitlopers <i>Festuca rubra rubra</i>					
	Barjessica	vrij dicht		Q1	Q2
	Hastings	dicht		R1	R2
fakkelgras <i>Koeleria macrantha</i>					
	Barkoel			S1	S2

Bijlage 4 Bemonsteringslocaties praktijkgrasvelden 2021

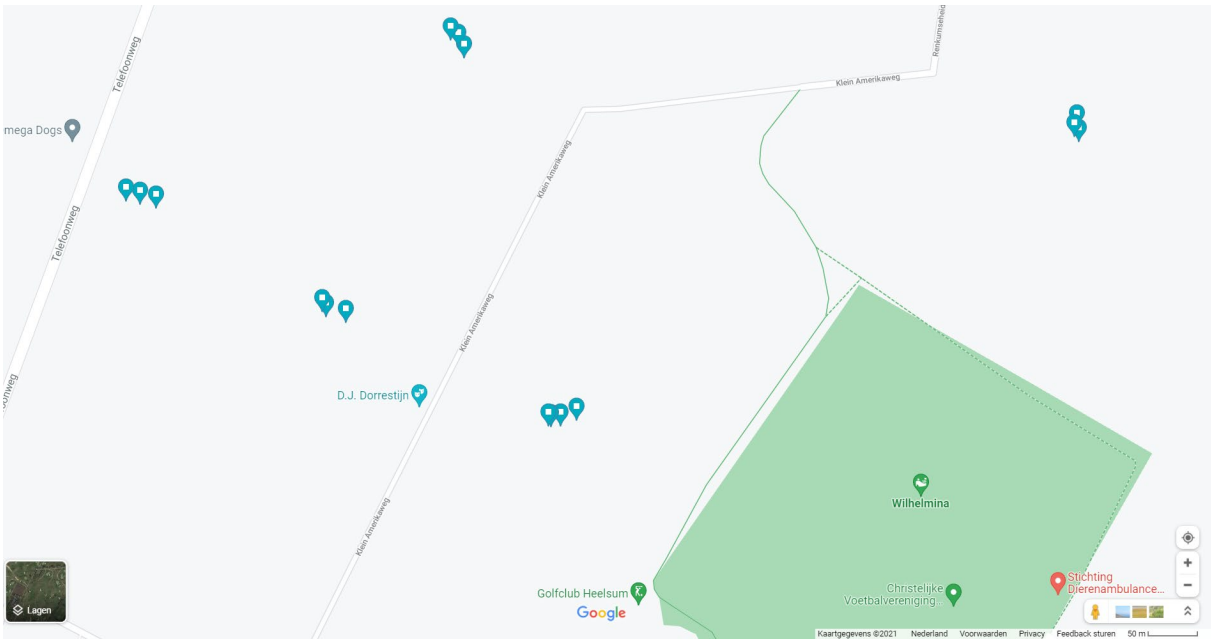
Locaties bemonstering Zutphen 1-12-21



Locaties bemonstering Utrecht 17-12-2021



Monsters Golfbaan Heelsum 24-12-2021



Bijlage 5 ruwe resultaten

<i>Project: PPS Grasvelden, Klimaat & Biodiversiteit</i>		
<i>Werkpakket 4: Koolstofvastlegging door grasvelden</i>		
<i>Looptijd: 2020-2023</i>		
<i>Betrokken onderzoekers: Jan-Rinze van der Schoot, Lennart Fuchs (WUR Open Teelten)</i>		
Wat staat er allemaal in dit document?		
Dit document bevat de bewerkte data van bemonsteringen en metingen die gedurende de looptijd van het project zijn gedaan		
<i>Sheet</i>	<i>Wat?</i>	<i>Toelichting</i>
A1	C-voorraad juni 2021	De berekende koolstofvoorraad van de metingen in aflopende CGO proeven (gazon en betreding) op 3 locaties zijnde DLF Moerstraten, Barenbrug Wolfheze en DSV Ven-Zelderheide, bodemlaag 0-20cm
A2	BD juni 2021	De gemiddelde bulkdichtheid gemeten op de proeflocaties in juni 2021. Uitgesplitst per proef en additioneel per soort.
A3	Uitkomsten juni 2021	De gemiddelde waarde van C-voorraad en bijbehorende grafieken
B1	Uitkomsten nov 2021	De berekende koolstofvoorraad en grafieken van de metingen bij Barenburg Wolfheze in november 2021 naar verschillende grassoorten en rassen (rietzwenk, roodzwenk, engels raai, veldbeemd, fakkel)
B2	Uitkomsten okt 2022	De berekende koolstofvoorraad en grafieken van de metingen bij Barenburg Wolfheze in oktober 2022 naar verschillende grassoorten en rassen (rietzwenk, roodzwenk, engels raai, veldbeemd, fakkel)
C1	Praktijk Utrecht 2021	Resultaten, toelichting en grafieken van bemonstering praktijkveld in Utrecht eind 2021
C2	Praktijk Zutphen 2021	Resultaten, toelichting en grafieken van bemonstering praktijkveld in Zutphen eind 2021
C3	Praktijk Heelsum 2021	Resultaten, toelichting en grafieken van bemonstering praktijkveld bij Golfbaan Heelsum eind 2021

A1	C-voorraad juni 2021	De koolstofvoorraad van de metingen in aflopende CGO proeven (gazon en betreding op 3 locaties zijnde DLF (M), Barenbrug (B) en DSV (Z), bodemlaag 0-20cm)							
Proefveld	gebruik	soort	ras	herhaling				Bulkdensity	
				1	2	3	4	lab	veld
B18	gazon	Lp	Barpersie	2.5	2.1	2.1		1.362	1.321
B18	gazon	Lp	Barmarga	2.5	2.1	2.3		1.362	1.321
B18	gazon	Lp	Lize	2.1	2.1	2.3		1.362	1.321
B18	gazon	Lp	Eurodiamond	2.3	3	2.4		1.362	1.321
B18	gazon	Lp	Fabian	3	2.5	2.9		1.362	1.321
B18	gazon	Lp	Tetramagic	2.6	1.7	1.9		1.362	1.321
B18	gazon	Pp	Bariris	1.9	2.4	1.5		1.362	1.404
B18	gazon	Pp	Becca	1.9	2.1	2.3		1.362	1.404
B18	gazon	Pp	Limousine	2.2	2.2	1.9		1.362	1.404
B18	gazon	Pp	Yvette	2.4	1.9	1.9		1.362	1.404
B19	betreding	Lp	Barpersie	2.4	2.5	2.3	2.3	1.422	1.441
B19	betreding	Lp	Barmarga	2.4	2.1	2.1	1.9	1.422	1.441
B19	betreding	Lp	Lize	2	2.5	2.4	2.1	1.422	1.441
B19	betreding	Lp	Eurodiamond	2.2	1.9	1.9	2	1.422	1.441
B19	betreding	Lp	Fabian	2.1	2.4	2.5	2.1	1.422	1.441
B19	betreding	Lp	Tetramagic	2	2.1	2.5	2.1	1.422	1.441
B19	betreding	Pp	Bariris	1.8	2.2	2.1	2.2	1.422	1.522
B19	betreding	Pp	Becca	1.6	2	2.1	1.9	1.422	1.522
B19	betreding	Pp	Greenplay	2.1	2.1	2.2	2.2	1.422	1.522
B19	betreding	Pp	Markus	2	1.9	2.1	1.5	1.422	1.522
M18	gazon	Lp	Barpersie	1.7	1.6	1.2		1.299	1.295
M18	gazon	Lp	Barmarga	1.7	1.5	1.3		1.299	1.295
M18	gazon	Lp	Lize	1.6	1.6	1.4		1.299	1.295
M18	gazon	Lp	Eurodiamond	1.6	1.7	1.2		1.299	1.295
M18	gazon	Lp	Fabian	1.6	1.5	1.4		1.299	1.295
M18	gazon	Lp	Tetramagic	1.6	1.6	1.3		1.299	1.295
M18	gazon	Pp	Bariris	1.3	1.6	1.2		1.299	1.302
M18	gazon	Pp	Becca	1.9	1.4	1.5		1.299	1.302
M18	gazon	Pp	Limousine	1.8	2.2	1.9		1.299	1.302
M18	gazon	Pp	Yvette	1.5	1.8	2.4		1.299	1.302
M19	betreding	Lp	Barmarga	1.6	1.6	1.7		1.436	1.433
M19	betreding	Lp	Eurodiamond	1.7	1.5	1.9		1.436	1.433
M19	betreding	Lp	Fabian	1.6	1.4	1.5		1.436	1.433
M19	betreding	Lp	Tetramagic	1.9	1.9	1.6		1.436	1.433
M19	betreding	Pp	Bariris	1.4	1.7	1.5		1.436	1.526
M19	betreding	Pp	Becca	1.2	1.3	1.5		1.436	1.526
M19	betreding	Pp	Greenplay	1.2	1.7	1.6		1.436	1.526
M19	betreding	Pp	Markus	1.4	1.6	1.6		1.436	1.526
Z18	gazon	Fa	Fa1_lg	0.6	0.5	0.6		1.447	1.405
Z18	gazon	Fa	Fa2_dg	0.7	0.6	0.6		1.447	1.405
Z18	gazon	Lp	Barpersie	0.8	0.8	0.8		1.447	1.496
Z18	gazon	Lp	Barmarga	0.8	0.5	0.6		1.447	1.496
Z18	gazon	Lp	Lize	0.8	0.7	0.7		1.447	1.496
Z18	gazon	Lp	Eurodiamond	0.9	0.9	0.8		1.447	1.496
Z18	gazon	Lp	Fabian	0.7	0.7	0.8		1.447	1.496
Z18	gazon	Lp	Tetramagic	0.8	0.8	0.5		1.447	1.496
Z18	gazon	Pp	Bariris	0.8	0.8	0.8		1.447	1.394
Z18	gazon	Pp	Becca	0.7	0.8	0.8		1.447	1.394
Z18	gazon	Pp	Limousine	0.8	0.6	0.8		1.447	1.394
Z18	gazon	Pp	Yvette	0.7	0.7	0.8		1.447	1.394

A2 Gemiddelde bulkdichtheid metingen per proeflocatie en daaronder nog uitgesplitst tussen de verschillende soorten die per proef niet gewaard lagen

		Gemiddelde bulk density per proef (g/cm ³)							
DLF	Gazon (M18)		1.299						
	Betreding (M19)		1.436						
Barenbrug	Gazon (B18)		1.362						
	Betreding (B19)		1.422						
DSV	Gazon (Z18)		1.447						
		Gemiddelde bulk density per proef en soort (g/cm ³)							
DLF	Gazon (M18)	Lp	1.295						
		Pp	1.302						
	Betreding (M19)	Lp	1.433						
		Pp	1.526						
		Mix	1.351						
Barenbrug	Gazon (B18)	Lp	1.321						
		Pp	1.404						
	Betreding (B19)	Lp	1.441						
		Pp	1.522						
		Mix	1.304						
DSV	Gazon (Z18)	Lp	1.496						
		Pp	1.394						
		Fa	1.405						

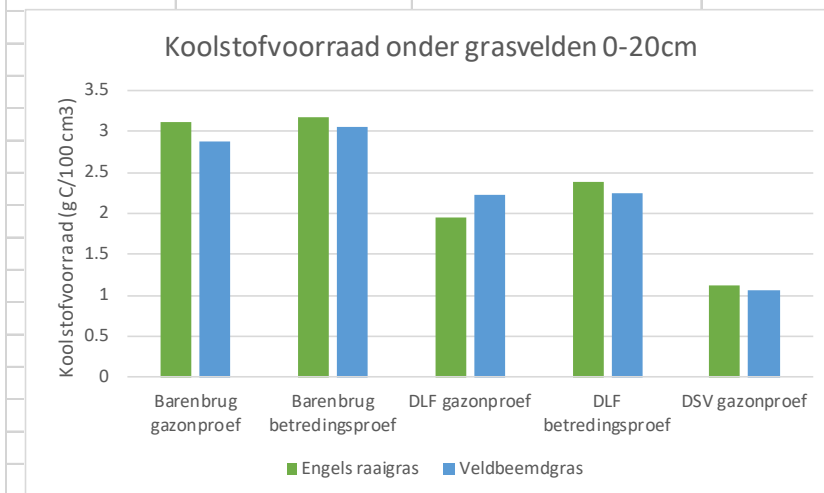
A3 Gemiddelde koolstofvoorraad in de bemonsterde proeven met bijbehorende grafieken die ook in eindrapportage staan

Er is hierbij gerekend met de bulkdichtheid per proef en per soort, dus C-voorraad 2 uit sheet A1

	Barenbrug gazonproef	Barenbrug betredingsproef	DLF gazonproef	DLF betredingsproef	DSV gazonproef
Engels raaigras	3.111	3.171	1.95	2.376	1.113
Veldbeemdgras	2.877	3.044	2.224	2.25	1.057
significant?	nee	nee	ja	nee	nee

Koolstofvoorraad omgerekend naar ton C/ha door te vermenigvuldigen met 20 omdat het gaat om bodemlaag 0-20cm

Engels raaigras	62.22	63.42	39	47.52	22.26
Veldbeemdgras	57.54	60.88	44.48	45	21.14

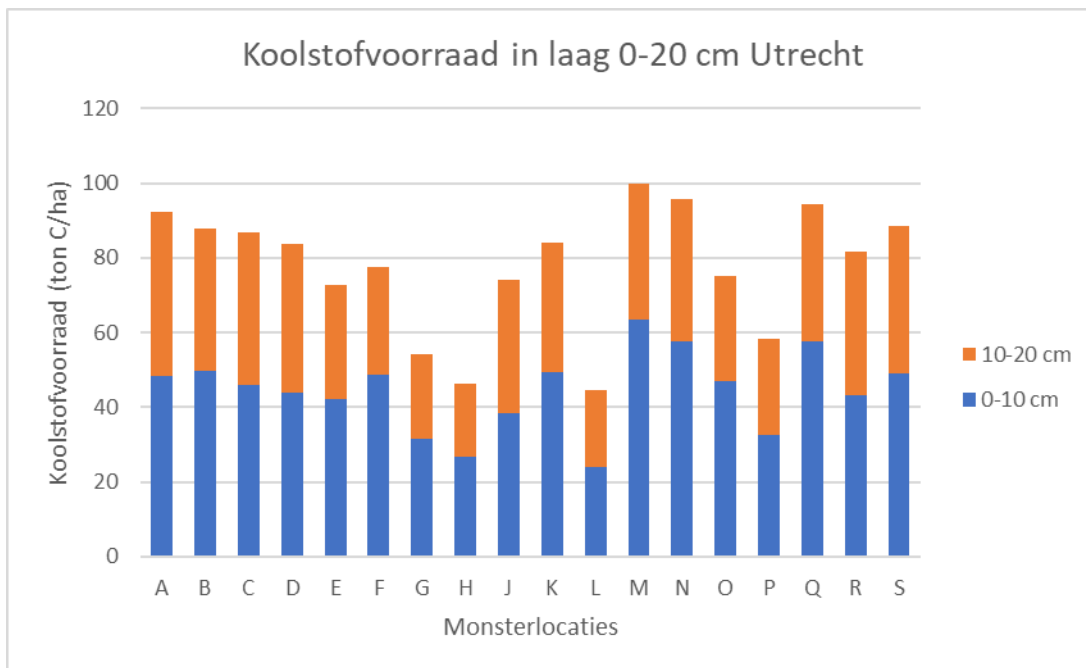


B1		Uitkomsten nov 2021		De berekende koolstofvoorraad en grafieken van de metingen bij Barenburg Wolfheze in november 2021							
Eurofins uitslagen							Berekende waarden		C-voorraad (g/cm3)		
Om Monster	laag	Om Type Monster	C-totaal	OS	Lutum	Ber.dichtheid	C/OS ratio	g/m3	per 10 cm	0-20 cm	
									ton C/ha	ton C/ha	
FR 10 K 1	0-10 cm	Dekzand	2	4.4	2	1307	0.455	2.614	26	54	
FR 20 K 1	0-20 cm	Dekzand	2.2	5.3	2	1269	0.415	2.7918	28		
FR 10 L 1	0-10 cm	Dekzand	1.6	6.1	2	1237	0.262	1.9792	20	52	
FR 20 L 1	0-20 cm	Dekzand	2.5	4.9	1	1286	0.510	3.215	32		
FR 10 K 2	0-10 cm	Dekzand	2.5	4.8	2	1290	0.521	3.225	32	63	
FR 20 K 2	0-20 cm	Dekzand	2.4	5.1	2	1277	0.471	3.0648	31		
FR 10 L 2	0-10 cm	Dekzand	3.2	5.2	1	1273	0.615	4.0736	41	60	
FR 20 L 2	0-20 cm	Dekzand	1.5	4.4	2	1307	0.341	1.9605	20		
LP 10 K 1	0-10 cm	Dekzand	1.8	4.9	2	1286	0.367	2.3148	23	54	
LP 20 K 1	0-20 cm	Dekzand	2.4	5.4	2	1265	0.444	3.036	30		
LP 10 L 1	0-10 cm	Dekzand	2.5	4.9	2	1286	0.510	3.215	32	53	
LP 20 L 1	0-20 cm	Dekzand	1.6	4.3	2	1311	0.372	2.0976	21		
LP 10 K 2	0-10 cm	Dekzand	2.2	5.6	2	1257	0.393	2.7654	28	51	
LP 20 K 2	0-20 cm	Dekzand	1.9	6.1	2	1237	0.311	2.3503	24		
LP 10 L 2	0-10 cm	Dekzand	2.1	5.1	2	1277	0.412	2.6817	27	63	
LP 20 L 2	0-20 cm	Dekzand	2.8	4.9	2	1286	0.571	3.6008	36		
PP 10 L 1	0-10 cm	Dekzand	1	5.2	2	1273	0.192	1.273	13	31	
PP 20 L 1	0-20 cm	Dekzand	1.5	6.1	2	1237	0.246	1.8555	19		
PP 10 L 2	0-10 cm	Dekzand	1.4	5.7	2	1253	0.246	1.7542	18	39	
PP 20 L 2	0-20 cm	Dekzand	1.7	5.6	2	1257	0.304	2.1369	21		
FA 10 LA1	0-10 cm	Dekzand	1.4	4	1	1324	0.350	1.8536	19	54	
FA 20 LA1	0-20 cm	Dekzand	2.7	4	2	1324	0.675	3.5748	36		
FA 10 LA2	0-10 cm	Dekzand	3.2	4.6	2	1298	0.696	4.1536	42	76	
FA 20 LA2	0-20 cm	Dekzand	2.7	5.2	2	1273	0.519	3.4371	34		
FA 10 LB1	0-10 cm	Dekzand	2.4	6.1	2	1237	0.393	2.9688	30	74	
FA 20 LB1	0-20 cm	Dekzand	3.5	5.5	3	1261	0.636	4.4135	44		
FA 10 LB2	0-10 cm	Dekzand	2.9	4.3	2	1311	0.674	3.8019	38	80	
FA 20 LB2	0-20 cm	Dekzand	3.4	5.9	2	1245	0.576	4.233	42		
FA 10 LC1	0-10 cm	Dekzand	3.3	5.4	2	1265	0.611	4.1745	42	70	
FA 20 LC1	0-20 cm	Dekzand	2.2	5	2	1281	0.440	2.8182	28		
FA 10 LC2	0-10 cm	Dekzand	2.6	4.9	2	1286	0.531	3.3436	33	67	
FA 20 LC2	0-20 cm	Dekzand	2.7	5.5	2	1261	0.491	3.4047	34		

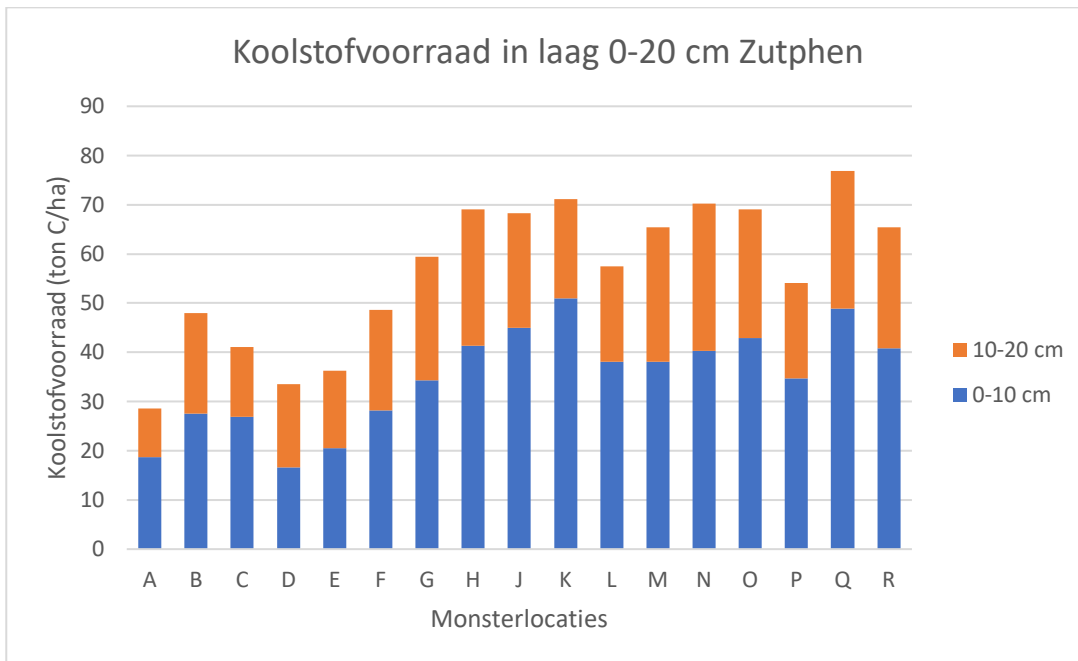
Grassoorten	0-10 cm (ton C/ha)	10-20 cm (ton C/ha)	Total (ton C/ha)
Rietzwenk	34	36	70
Roodzwenk	30	27	57
Engels raai	28	27	55
Veldbeemd	15	20	35

B2	Uitkomsten okt 2022		De berekende koolstofvoorraad en grafieken van de metingen bij Barenburg Wolfheze in oktober 2022 naar verschillende grassoorten en rassen (rietzwenk, roodzwenk, engels raai, veldbeemd, fakkel)												Berekende uitkomsten (BD van Eurofins)	
veld	Monster	Plot	Soort	ras	dichtheid	laag	Eurofins uitslagen				Berekende uitkomsten (BD van Eurofins)					
							N-Tot	C-totaal	OS	Lutum	Berekend	C-m2	C-ton/ha	C/OS	CN	
1	B22 1	A1 10	Lp	Eurosport	vrij dicht	10	1130	2.2	4.5	2	1303	2.87	29	0.49	1.95	
2	B22 2	A1 20	Lp	Eurosport	vrij dicht	20	770	1.7	3.4	2	1351	2.30	23	0.50	2.21	
3	B22 3	A2 10	Lp	Eurosport	vrij dicht	10	1330	2.4	3.9	2	1329	3.19	32	0.62	1.80	
4	B22 4	A2 20	Lp	Eurosport	vrij dicht	20	900	1.8	3.5	2	1347	2.42	24	0.51	2.00	
5	B22 5	B1 10	Lp	Barbasten	vrij dicht	10	1070	2.1	4.1	2	1320	2.77	28	0.51	1.96	
6	B22 6	B1 20	Lp	Barbasten	vrij dicht	20	960	2	3.6	2	1342	2.68	27	0.56	2.08	
7	B22 7	B2 10	Lp	Barbasten	vrij dicht	10	1110	2.1	3.4	2	1351	2.84	28	0.62	1.89	
8	B22 8	B2 20	Lp	Barbasten	vrij dicht	20	880	1.8	3.5	2	1347	2.42	24	0.51	2.05	
9	B22 9	C1 10	Lp	Barolympic	dicht	10	1210	2.4	4	2	1324	3.18	32	0.60	1.98	
10	B22 10	C1 20	Lp	Barolympic	dicht	20	980	2	3.4	2	1351	2.70	27	0.59	2.04	
11	B22 11	C2 10	Lp	Barolympic	dicht	10	990	2	3.4	1	1351	2.70	27	0.59	2.02	
12	B22 12	C2 20	Lp	Barolympic	dicht	20	1150	2.3	3.7	3	1338	3.08	31	0.62	2.00	
13	B22 13	D1 10	Lp	Clementine	dicht	10	1120	2.2	4.1	2	1320	2.90	29	0.54	1.96	
14	B22 14	D1 20	Lp	Clementine	dicht	20	890	1.9	3.9	2	1329	2.53	25	0.49	2.13	
15	B22 15	D2 10	Lp	Clementine	dicht	10	1130	2.1	3.8	2	1333	2.80	28	0.55	1.86	
16	B22 16	D2 20	Lp	Clementine	dicht	20	1100	2.2	4	3	1324	2.91	29	0.55	2.00	
17	B22 17	E1 10	Pp	Yvette	vrij dicht	10	1290	2.5	4.5	1	1303	3.26	33	0.56	1.94	
18	B22 18	E1 20	Pp	Yvette	vrij dicht	20	1150	2.3	3.7	2	1338	3.08	31	0.62	2.00	
19	B22 19	E2 10	Pp	Yvette	vrij dicht	10	990	2	3.9	1	1329	2.66	27	0.51	2.02	
20	B22 20	E2 20	Pp	Yvette	vrij dicht	20	1000	2	4.1	2	1320	2.64	26	0.49	2.00	
21	B22 21	F1 10	Pp	Barclaren	vrij dicht	10	1030	2	4.3	2	1311	2.62	26	0.47	1.94	
22	B22 22	F1 20	Pp	Barclaren	vrij dicht	20	1200	2.3	3.5	2	1347	3.10	31	0.66	1.92	
23	B22 23	F2 10	Pp	Barclaren	vrij dicht	10	1050	2	4.6	2	1298	2.60	26	0.43	1.90	
24	B22 24	F2 20	Pp	Barclaren	vrij dicht	20	1010	2	3.2	2	1361	2.72	27	0.63	1.98	
25	B22 25	G1 10	Pp	Joker	dicht	10	920	1.8	4.5	2	1303	2.35	23	0.40	1.96	
26	B22 26	G1 20	Pp	Joker	dicht	20	920	1.9	3.6	2	1342	2.55	25	0.53	2.07	
27	B22 27	G2 10	Pp	Joker	dicht	10	1310	2.6	3.6	2	1342	3.49	35	0.72	1.98	
28	B22 28	G2 20	Pp	Joker	dicht	20	1340	2.6	5.5	2	1261	3.28	33	0.47	1.94	
29	B22 29	H1 10	Fa	Firecracker	vrij dicht	10	1140	2.2	3.7	2	1338	2.94	29	0.59	1.93	
30	B22 30	H1 20	Fa	Firecracker	vrij dicht	20	1080	2.3	4.4	2	1307	3.01	30	0.52	2.13	
31	B22 31	H2 10	Fa	Firecracker	vrij dicht	10	1150	2.2	4.6	1	1298	2.86	29	0.48	1.91	
32	B22 32	H2 20	Fa	Firecracker	vrij dicht	20	990	2	3.7	2	1338	2.68	27	0.54	2.02	
33	B22 33	I1 10	Fa	Essential	vrij dicht	10	1620	3.2	4.5	2	1303	4.17	42	0.71	1.98	
34	B22 34	I1 20	Fa	Essential	vrij dicht	20	1620	3.2	4.5	2	1303	4.17	42	0.71	1.98	
35	B22 35	I2 10	Fa	Essential	vrij dicht	10	1620	3	5	2	1281	3.84	38	0.60	1.85	
36	B22 36	I2 20	Fa	Essential	vrij dicht	20	1410	2.7	5.5	2	1261	3.40	34	0.49	1.91	
37	B22 37	K1 10	Fa	Baraline	vrij dicht	10	1390	2.7	4.5	2	1303	3.52	35	0.60	1.94	
38	B22 38	K1 20	Fa	Baraline	vrij dicht	20	1510	3	4.4	2	1307	3.92	39	0.68	1.99	
39	B22 39	K2 10	Fa	Baraline	vrij dicht	10	1230	2.4	3.9	2	1329	3.19	32	0.62	1.95	
40	B22 40	K2 20	Fa	Baraline	vrij dicht	20	950	1.9	4	2	1324	2.52	25	0.48	2.00	
41	B22 41	L1 10	Fa	Bardesta	vrij dicht	10	1280	2.5	3.9	2	1329	3.32	33	0.64	1.95	
42	B22 42	L1 20	Fa	Bardesta	vrij dicht	20	940	2	4.1	2	1320	2.64	26	0.49	2.13	
43	B22 43	L2 10	Fa	Bardesta	vrij dicht	10	1040	2.1	4.3	2	1311	2.75	28	0.49	2.02	
44	B22 44	L2 20	Fa	Bardesta	vrij dicht	20	1190	2.1	4.4	2	1307	2.74	27	0.48	1.76	
45	B22 45	M1 10	Fr	Barlineus	dicht	10	1100	2.2	3.8	2	1333	2.93	29	0.58	2.00	
46	B22 46	M1 20	Fr	Barlineus	dicht	20	1130	2.3	2.9	2	1375	3.16	32	0.79	2.04	
47	B22 47	M2 10	Fr	Barlineus	dicht	10	980	1.9	3.8	1	1333	2.53	25	0.50	1.94	
48	B22 48	M2 20	Fr	Barlineus	dicht	20	1260	2.5	4	2	1324	3.31	33	0.63	1.98	
49	B22 49	N1 10	Fr	Siskin	vrij dicht	10	1060	2.1	3.8	2	1333	2.80	28	0.55	1.98	
50	B22 50	N1 20	Fr	Siskin	vrij dicht	20	1320	2.6	3.7	2	1338	3.48	35	0.70	1.97	
51	B22 51	N2 10	Fr	Siskin	vrij dicht	10	1160	2.3	3.4	1	1351	3.11	31	0.68	1.98	
52	B22 52	N2 20	Fr	Siskin	vrij dicht	20	1200	2.4	3.7	2	1338	3.21	32	0.65	2.00	
53	B22 53	O1 10	Fr	Barcrown	dicht	10	1250	2.4	4.4	2	1307	3.14	31	0.55	1.92	
54	B22 54	O1 20	Fr	Barcrown	dicht	20	1140	2.3	3.2	2	1361	3.13	31	0.72	2.02	
55	B22 55	O2 10	Fr	Barcrown	dicht	10	1040	2	4	2	1324	2.65	26	0.50	1.92	
56	B22 56	O2 20	Fr	Barcrown	dicht	20	1270	2.5	4.5	2	1303	3.26	33	0.56	1.97	
57	B22 57	P1 10	Fr	Nigella	vrij dicht	10	720	1.5	3.3	1	1356	2.03	20	0.45	2.08	
58	B22 58	P1 20	Fr	Nigella	vrij dicht	20	750	1.6	3	3	1370	2.19	22	0.53	2.13	
59	B22 59	P2 10	Fr	Nigella	vrij dicht	10	860	1.7	4	1	1324	2.25	23	0.43	1.98	
60	B22 60	P2 20	Fr	Nigella	vrij dicht	20	1260	2.5	4.1	2	1320	3.30	33	0.61	1.98	
61	B22 61	Q1 10	Fr	Barjessica	vrij dicht	10	1350	2.6	4.2	2	1316	3.42	34	0.62	1.93	
62	B22 62	Q1 20	Fr	Barjessica	vrij dicht	20	970	1.9	3.9	2	1329	2.53	25	0.49	1.96	
63	B22 63	Q2 10	Fr	Barjessica	vrij dicht	10	1020	2	3.1	2	1365	2.73	27	0.65	1.96	
64	B22 64	Q2 20	Fr	Barjessica	vrij dicht	20	1200	2.4	4.5	2	1303	3.13	31	0.53	2.00	
65	B22 65	R1 10	Fr	Hastings	dicht	10	1100	2.1	4.3	1	1311	2.75	28	0.49	1.91	
66	B22 66	R1 20	Fr	Hastings	dicht	20	1030	2.1	3.5	2	1347	2.83	28	0.60	2.04	
67	B22 67	R2 10	Fr	Hastings	dicht	10	980	1.9	4	1	1324	2.52	25	0.48	1.94	
68	B22 68	R2 20	Fr	Hastings	dicht	20	1100	2.1	3.3	2	1356	2.85	28	0.64	1.91	
69	B22 69	S1 10	Km	Barkoel	vrij dicht	10	1080	2.1	4.3	1	1311	2.75	28	0.49	1.94	
70	B22 70	S1 20	Km	Barkoel	vrij dicht	20	1120	2.2	4	2	1324	2.91	29	0.55	1.96	
71	B22 71	S2 10	Km	Barkoel	vrij dicht	10	1410	2.7	4.5	2	1303	3.52	35	0.60	1.91	
72	B22 72	S2 20	Km	Barkoel	vrij dicht	20	1060	2.3	3.8	2	1333	3.07	31	0.61	2.17	

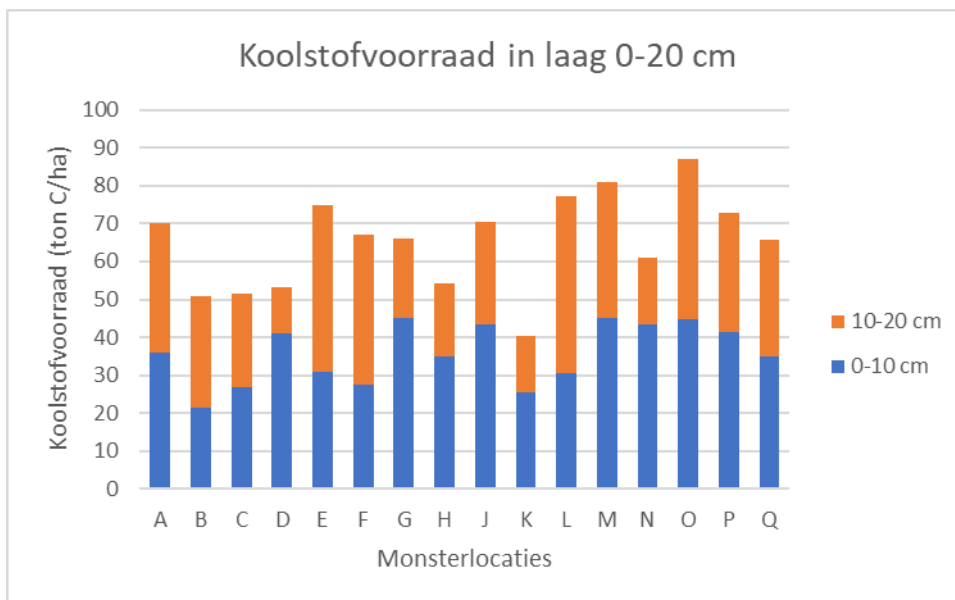
C1 Praktijk Utrecht 2021		Resultaten, toelichting en grafieken van bemonstering praktijkveld in Utrecht eind 2021											
plot	locatie	omschrijving	maai-beheer	gebruik-grasveld	% bezetting	% gras	% kruiden	cm diepte	mg N/kg N.totaal	g C/100g C.totaal	% os	% lutum	mg/cm ³ dichtheid
A10	Willem de Zwijger plantsoen	Rondom vijver	kort	grasveld	100	75	25	10	3670	4.2	8.5	5	1151
A20	Willem de Zwijger plantsoen	Rondom vijver	kort	grasveld	100	75	25	20	2980	3.6	6.6	7	1218
B10	Willem de Zwijger plantsoen	oostkant Fuchslaan	kort	grasveld	100	95	5	10	3750	4.3	8.4	9	1154
B20	Willem de Zwijger plantsoen	oostkant Fuchslaan	kort	grasveld	100	95	5	20	2330	3	5.2	22	1273
C10	Majoor Bosshardt plantsoen	Trapveldje	kort	trapveld	95	98	2	10	3560	3.9	7.8	4	1175
C20	Majoor Bosshardt plantsoen	Trapveldje	kort	trapveld	95	98	2	20	2730	3.3	6.1	8	1237
D10	Majoor Bosshardt plantsoen	Gazon zuid	kort	grasveld	95	90	10	10	3290	3.8	8.5	4	1151
D20	Majoor Bosshardt plantsoen	Gazon zuid	kort	grasveld	95	90	10	20	2550	3.2	5.7	6	1253
E10	Griftpark	Langs water - onder heuvel oost	kort	gazon	72	98	2	10	3240	3.5	7	11	1204
E20	Griftpark	Langs water - onder heuvel oost	kort	gazon	72	98	2	20	1630	2.3	4	10	1324
F10	Griftpark	Onder heuvel noord	kort	gazon	80	90	10	10	3740	4	6.7	14	1215
F20	Griftpark	Onder heuvel noord	kort	gazon	80	90	10	20	1860	2.2	4.3	13	1311
G10	Griftpark	boven langs pad - ruigte gras	lang	ruigte	65	70	30	10	2070	2.5	5.4	10	1265
G20	Griftpark	boven langs pad - ruigte gras	lang	ruigte	65	70	30	20	920	1.6	2.3	13	1404
H10	Griftpark	boven langs pad - ruigte	lang	ruigte	75	75	25	10	1590	2	3.8	8	1333
H20	Griftpark	boven langs pad - ruigte	lang	ruigte	75	75	25	20	880	1.4	2.5	10	1394
J10	Park Oog in Al	West	kort	gazon	75	98	2	10	2950	3.1	6.1	4	1237
J20	Park Oog in Al	West	kort	gazon	75	98	2	20	2510	2.8	5	10	1281
K10	Park Oog in Al	Oost - bij vijver	kort	gazon	85	95	5	10	4200	4.2	7.9	8	1172
K20	Park Oog in Al	Oost - bij vijver	kort	gazon	85	95	5	20	2570	2.7	4.9	9	1286
L10	Beethovenplein	Grasveld bij school	kort	grasveld	85	90	10	10	1510	1.8	3.6	7	1342
L20	Beethovenplein	Grasveld bij school	kort	grasveld	85	90	10	20	1240	1.5	3.2	8	1361
M10	Cortezlaan	Berm onder	lang	hooiland (2x m	95	70	30	10	5500	5.6	9.1	35	1131
M20	Cortezlaan	Berm onder	lang	hooiland (2x m	95	70	30	20	3350	2.9	5.5	35	1261
N10	Cortezlaan	Berm boven	lang	hooiland (2x m	95	80	20	10	4930	5	8.5	16	1151
N20	Cortezlaan	Berm boven	lang	hooiland (2x m	95	80	20	20	2990	2.9	4.3	22	1311
O10	Playground Sports Kanaleneil	Zuid - parkje	kort	grasveld	98	85	15	10	4210	4	7.9	21	1172
O20	Playground Sports Kanaleneil	Zuid - parkje	kort	grasveld	98	85	15	20	2170	2.1	3.7	24	1338
P10	Park Transwijk	Zuidkant fietspad - festival onder	kort	grasveld	98	90	10	10	2210	2.5	4.5	16	1303
P20	Park Transwijk	Zuidkant fietspad - festival onder	kort	grasveld	98	90	10	20	1760	1.9	3.3	20	1356
Q10	Park Transwijk	Richting heuvel - bollenveld?	kort	stinzeplanten €	98			10	4740	4.9	7.7	15	1179
Q20	Park Transwijk	Richting heuvel - bollenveld?	kort	stinzeplanten €	98			20	2680	2.9	5.4	19	1265
R10	Voorveldse polder	Zeven stroompjes	kort	gazon	95	98	2	10	3010	3.5	6.1	6	1237
R20	Voorveldse polder	Zeven stroompjes	kort	gazon	95	98	2	20	2360	3	5.1	9	1277
S10	Voorveldse polder	hooiland	lang	hooiland (1-2x	95	80	20	10	3440	4.1	7.2	12	1196
S20	Voorveldse polder	hooiland	lang	hooiland (1-2x	95	80	20	20	2400	3.1	5.2	11	1273



C2 Praktijk Zutphen 2021			Resultaten, toelichting en grafieken van bemonstering praktijkveld in Zutphen eind 2021									
plot	locatie	omschrijving	maai beheer	gebruik grasveld	% bezetting	% gras	% kruiden	cm diepte	g C/100g C.totaal	% os	% lutum	mg/cm ³ dichtheid
A10	kruising Laan naar Eme & Jo sp	Berm langs weg kort	kort	Berm	100	80	20	10	1.4	3.8	3	1333
A20	kruising Laan naar Eme & Jo sp	Berm langs weg kort	kort	Berm	100	80	20	20	0.7	2	4	1419
B10	kruising Laan naar Eme & Jo sp	Berm langs weg kort, we	kort	Berm	90	80	20	10	2.1	4.3	5	1311
B20	kruising Laan naar Eme & Jo sp	Berm langs weg kort, we	kort	Berm	90	80	20	20	1.5	3.1	7	1365
C10	Laan naar Eme - bomenrij	Berm langs weg tussen b	lang	Berm	90	80	20	10	2	3.6	3	1342
C20	Laan naar Eme - bomenrij	Berm langs weg tussen b	lang	Berm	90	80	20	20	1	2	5	1419
D10	Laan naar Eme - fietspad	Berm langs fietspad kort	kort	Berm	100	90	20	10	1.2	2.7	3	1385
D20	Laan naar Eme - fietspad	Berm langs fietspad kort	kort	Berm	100	90	20	20	1.2	2.1	4	1414
E10	Laan naar Eme - fietspad	Berm langs fietspad lang	lang	Berm	75	70	30	10	1.5	3	4	1370
E20	Laan naar Eme - fietspad	Berm langs fietspad lang	lang	Berm	75	70	30	20	1.1	1.9	7	1424
F10	Jelle Zijlstrapad - voetbalveld	Berm langs fietspad kort	kort	Berm	100	80	20	10	2.2	5	7	1281
F20	Jelle Zijlstrapad - voetbalveld	Berm langs fietspad kort	kort	Berm	100	80	20	20	1.5	3.2	7	1361
G10	Jelle Zijlstrapad - voetbalveld	Berm langs pad ruw	lang	Berm	90	50	50	10	2.7	5.2	9	1273
G20	Jelle Zijlstrapad - voetbalveld	Berm langs pad ruw	lang	Berm	90	50	50	20	1.9	4.1	9	1320
H10	Zwanevlot-Noord Park	Trapveldje	kort	Park	85	75	25	10	3.3	5.7	14	1253
H20	Zwanevlot-Noord Park	Trapveldje	kort	Park	85	75	25	20	2.1	4.1	14	1320
J10	Zwanevlot-Noord Park	Naast trapveldje langer,	lang	Park	100	90	10	10	3.6	5.8	14	1249
J20	Zwanevlot-Noord Park	Naast trapveldje langer,	lang	Park	100	90	10	20	1.7	3	20	1370
K10	Zwanevlot-Noord Park	Park-hondenuitlaat	kort	Park	80	95	5	10	4.2	6.7	15	1215
K20	Zwanevlot-Noord Park	Park-hondenuitlaat	kort	Park	80	95	5	20	1.5	3.7	15	1338
L10	Zwanevlot-Noord Park	Naast trapveldje lang, oc	lang	Park	95	85	15	10	3	5.3	20	1269
L20	Zwanevlot-Noord Park	Naast trapveldje lang, oc	lang	Park	95	85	15	20	1.4	2.6	18	1389
M10	De Waarden - Parkeerplaats	Bermen langs weg	lang	Berm	95	95	5	10	3	5.3	7	1269
M20	De Waarden - Parkeerplaats	Bermen langs weg	lang	Berm	95	95	5	20	2	3	11	1370
N10	de Waarden - Dijk	Dijk langer	lang	Dijk	100	85	15	10	3.2	5.5	11	1261
N20	de Waarden - Dijk	Dijk langer	lang	Dijk	100	85	15	20	2.2	3.3	8	1356
O10	de Waarden - Dijk	Dijk kort	kort	Dijk	100	95	5	10	3.4	5.5	7	1261
O20	de Waarden - Dijk	Dijk kort	kort	Dijk	100	95	5	20	1.9	2.9	9	1375
P10	Gemaal Helbergen Park	Trapveldje	kort	Park	95	70	30	10	2.7	4.9	13	1286
P20	Gemaal Helbergen Park	Trapveldje	kort	Park	95	70	30	20	1.4	2.7	12	1385
Q10	Gemaal Helbergen Park	Hondenuitlaatveldje	kort	Park	95	60	40	10	4.1	7.3	18	1193
Q20	Gemaal Helbergen Park	Hondenuitlaatveldje	kort	Park	95	60	40	20	2.1	3.9	18	1329
R10	Gemaal Helbergen Park	Naast hondenuitlaat lang	lang	Ruigte	95	95	5	10	3.3	6.1	11	1237
R20	Gemaal Helbergen Park	Naast hondenuitlaat lang	lang	Ruigte	95	95	5	20	1.8	3.1	12	1365



C3		Praktijk Heelsum 2021 Resultaten, toelichting en grafieken van bemonstering praktijkveld bij Golfbaan Heelsum eind 2021											
plot	locatie	omschrijving	maai	Gebruik	%	%	%	cm	mg N/kg	g C/100g	%	%	mg/cm ³
			beheer	grasveld	bezetting	gras	kruiden	diepte	N.totaal	C.totaal	os	lutum	dichtheid
A10	S9	Maainatuur	lang	Maainatuur	95	80	20	10	1440	2.7	3.8	2	1333
A20	S9	Maainatuur	lang	Maainatuur	95	80	20	20	1190	2.5	3.1	1	1365
B10	S9	Semi-rough	kort	Semi-rough	95	98	2	20	760	1.6	3.7	2	1338
B20	S9	Semi-rough	kort	Semi-rough	95	98	2	20	1120	2.3	4.9	2	1286
C10	S9	Fairway	kort	Fairway	95	100	0	10	1150	2.1	4.9	1	1286
C20	S9	Fairway	kort	Fairway	95	100	0	20	960	1.8	3.1	1	1365
D10	S9	Fairway	kort	Fairway	90	100	0	10	1910	3.1	3.9	1	1329
D20	S9	Fairway	kort	Fairway	90	100	0	20	470	0.9	3.4	1	1351
E10	A6	Maainatuur	lang	Maainatuur	98	98	2	10	1480	2.6	7.5	3	1186
E20	A6	Maainatuur	lang	Maainatuur	98	98	2	20	1740	3.3	3.7	1	1338
F10	A6	Semi-rough	kort	Semi-rough	95	100	0	10	1270	2.2	5.9	2	1245
F20	A6	Semi-rough	kort	Semi-rough	95	100	0	20	1560	2.9	3.1	2	1365
G10	A6	Fairway	kort	Fairway	95	100	0	10	2080	3.4	3.9	2	1329
G20	A6	Fairway	kort	Fairway	95	100	0	20	920	1.6	4.4	1	1307
H10	A7	Maainatuur	lang	Maainatuur	92	90	10	10	1670	2.8	5.9	1	1245
H20	A7	Maainatuur	lang	Maainatuur	92	90	10	20	810	1.5	4.8	3	1290
J10	A7	Semi-rough	kort	Semi-rough	85	100	0	10	1940	3.4	5	1	1281
J20	A7	Semi-rough	kort	Semi-rough	85	100	0	20	1140	2.2	6.4	2	1226
K10	A7	Fairway	kort	Fairway	95	100	0	10	1050	1.9	3.6	1	1342
K20	A7	Fairway	kort	Fairway	95	100	0	20	590	1.1	3.2	1	1361
L10	S6	Maainatuur	lang	Maainatuur	90	90	10	10	1520	2.6	7.6	2	1182
L20	S6	Maainatuur	lang	Maainatuur	90	90	10	20	2060	3.7	5.6	2	1257
M10	S6	Semi-rough	kort	Semi-rough	90	98	2	10	2200	3.7	6.6	2	1218
M20	S6	Semi-rough	kort	Semi-rough	90	98	2	20	1610	2.8	5	2	1281
N10	S6	Fairway	kort	Fairway	95	100	0	10	2260	3.5	6.1	1	1237
N20	S6	Fairway	kort	Fairway	95	100	0	20	750	1.3	3.4	1	1351
O10	H3	Maainatuur	lang	Maainatuur	70	65	35	10	2150	3.5	5.1	3	1277
O20	H3	Maainatuur	lang	Maainatuur	70	65	35	20	1920	3.4	6	2	1241
P10	H3	Semi-rough	kort	Semi-rough	85	80	20	10	1960	3.3	5.7	1	1253
P20	H3	Semi-rough	kort	Semi-rough	85	80	20	20	1320	2.4	4.2	2	1316
Q10	H3	Fairway	kort	Fairway	98	100	0	10	1760	2.8	5.7	2	1253
Q20	H3	Fairway	kort	Fairway	98	100	0	20	1310	2.4	5.1	1	1277



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

info.openteelten@wur.nl

Rapport WPR-OT 1078

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
