



Koolstofopslag Rijkswaterstaat droog areaal

Nulmeting periode 2013–2020

Patrick Bogaart (CBS)

Marjolein Lof (WUR)

Bogaart. P.W en M. Lof, 2021, Koolstofopslag Rijkwaterstaat droog areaal; Nulmeting periode 2013–2020. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek, 28pp.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
1.1	Algemene aanpak	5
2.	Databronnen	7
2.1	NKR ecosysteemtypenkaart	7
2.2	ProBos tool	7
2.3	RWS KernGIS: Vegetatie	7
3.	Methodologie	11
3.1	Koolstofvastlegging en -opslag	11
3.2	Analyse	12
4.	Resultaten	15
4.1	Natuurlijk kapitaalrekeningen	15
4.2	Probos	17
4.3	Groenbeheer: punten	17
4.4	Groenbeheer: lijnen	19
4.5	Groenbeheer: vlakken	20
5.	Discussie	21
5.1	Algemeen	21
5.2	RWS-droog vs NKR	21
5.3	Suggesties voor verbetering	21
6.	Literatuur	25
7.	Koppeltabellen	27
7.1	NKR	27
7.2	RWSgroenbeheer (vlakken)	28

1. Inleiding

De Business unit Natuurlijk Kapitaal (BUN-K) van Rijkswaterstaat (RWS) ontwikkelt en creëert maatschappelijke meerwaarde voor een toekomstige robuuste leefomgeving, door inzet van natuurlijk kapitaal met een focus op de groene terreinen van RWS, onder andere door de waardeontwikkeling van biomassa uit het Natuurlijk Kapitaal. Voorbeelden hiervan zijn naast het op de markt brengen van biobased grondstoffen zoals gras en hout, het langdurig vastleggen van koolstof in levende biomassa en in circulaire en biobased producten. Ten einde tot de formulering van hierbij bruikbare KPIs ("kritieke prestatie indicators") te komen is het noodzakelijk om concrete informatie over koolstofvastlegging te verzamelen.

In opdracht van BUN-K heeft het CBS in dit project ter ondersteuning van dit doel een analyse gemaakt van de koolstofvastlegging in biomassa en bodem binnen het areaal dat bij Rijkswaterstaat in bezit is. Hierbij is gebruik gemaakt van de methodologie zoals het CBS en de WUR die hanteren bij het opstellen van de Natuurlijk Kapitaalrekeningen. Hieraan is toegevoegd de beheerkaart zoals Rijkswaterstaat die in gebruik heeft voor het zogenaamde KernGIS voor het 'droog areaal'.

Het doel voor RWS/BUN-K is hierbij is om te voorzien in een nulmeting, waarin bestaande gegevens worden geanalyseerd, en kennisleemtes worden geïdentificeerd. Deze nulmeting kan als basis dienen voor mogelijk toekomstige verfijning een aanvulling van data en methodieken.

In dit rapport zullen eerst de verschillende databronnen worden besproken; vervolgens de methodiek zoals die door het CBS en de WUR is ontwikkeld; en vervolgens de resultaten. Het rapport sluit af met een algemene discussie en een aantal suggesties voor verbetering van de analyse.

1.1 Algemene aanpak

Koolstofvastlegging en –voorraad

Ten behoeve van de Natuurlijk Kapitaalrekeningen (NKR) worden kaarten van koolstofvastlegging en voorraad ontwikkeld waarbij o.a. gebruik gemaakt wordt van basiskaarten van ecosysteemttypen, en tabellen met kengetallen voor de koolstofvastlegging voor verschillende vegetatietypen. Deze kengetallen zijn gebaseerd op wetenschappelijke literatuur, en sluiten aan bij andere studies, rapportages en standaarden, zoals bijvoorbeeld de LULUCF rapportages (zie ook hieronder) en de SEEA Ecosysteemrekeningen.

Voor de koolstofvoorraad in biomassa en bodem wordt een soortgelijke benadering gevolgd.

Ecosysteemkaart 2020

Als onderdeel van de CBS-WUR SEEA ecosysteemrekeningen zijn ecosysteemtype-kaarten voor 2013, 2015 en 2018 beschikbaar. Om een koolstofbalans voor 2020 te kunnen maken die consistent is met deze eerdere jaren zal de ecosysteemtypekaart voor 2020 moeten worden aangemaakt. Dit is een grotendeels geautomatiseerd proces, dat steekproefsgewijs wordt gevalideerd aan de hand van bronnen en luchtfoto's. Voor wat betreft de kweldergebieden moet hierbij worden aangetekend dat deze de stand van zaken weergeven zoals in de meest recente VEGWAD karteringen.

Vergelijking met aanvullende gegevens

Vanuit Rijkswaterstaat zijn aanvullende gegevens met betrekking tot koolstofvastlegging bekend, in de vorm van verschillende rapportages en modellen, onder andere zoals uitgevoerd

door Royal Haskoning, Probos en Face the future. Deze gegevens kunnen deels vergeleken worden met de landelijke cijfers zoals die uit bovenstaande koolstofbalansposten komen. Hierbij zal rekening gehouden worden met de verschillen in benaderingswijze en schaal van toepassing. Ook zal gekeken worden naar de gedetailleerde RWS vegetatiemonitoring.

2. Databronnen

2.1 NKR ecosysteemtypenkaart

Ten behoeve van het opstellen van de Natuurlijk kapitaalrekeningen heeft het CBS een zogenaamde ecosysteemtypenkaart voor Nederland gemaakt. Dit is een kaart die zo veel mogelijk aansluit bij het voorkomen van ecosystemen, en het leveren van ecosysteemdiensten. Als we Nederland grofweg opdelen in Natuur, Landbouw en Bebouwd/Stedelijk, dan sluiten de ecosysteemtypen voor Natuur grotendeels aan bij de IMNa natuurbeheertypen zoals die in het provinciaal natuurbeleid worden gehanteerd. Voor Landbouw wordt aansloten op de RVO gewasclassificatie, en in de stedelijke omgeving wordt meer aandacht gegeven aan landgebruik zoals wonen, recreëren et cetera.

2.2 ProBos tool

Rijkswaterstaat maakt gebruik van een door Probos ontwikkelde rekentool voor de CO₂ vastlegging in bomen (rijbeplantingen en bosvakken). Deze tool heeft de vorm van een Excel rekenblad met opties voor:

- Bodemtype (6 bodemtypes; of onbepaald)
- Onderhoud qua afvoer tak & tophout
- Huidig landgebruik (grasland; struweel; bos)
- Nieuw landgebruik (idem)
- Boomtype (14 soorten)
- Teeltsysteem (dunningsregime; solitair etc)
- Boniteit
- Relatief oppervlak

Na invoering van deze parameters geeft de rekentool een scenario voor de vastlegging van koolstof in biomassa en bodem.

2.3 RWS KernGIS: Vegetatie

Binnen Rijkswaterstaat wordt gebruik gemaakt van het zogenaamde “kerngis”, waarin informatie over het (droge) RWS areaal is ontsloten. Hier maken we gebruik van kaartlagen voor vegetatie / groenbeheer: punten; lijnen en vlakken.

2.3.1 Punten

De kaartlaag “groenbeheer_punten” bevat in totaal 156.207 objecten. Dit zijn niet allemaal bomen, en ze liggen niet allemaal binnen de begrenzing van het door Rijkswaterstaat beheerde gebied (kaartlaag “beheergebied vlakken”).

Een eerste analysestap is om alle objecten te filteren die binnen de beheergrens liggen. Dat zijn er 142.411.

Relevante velden lijken “OBJECTTEKST” en “TYPE” te zijn. OBJECTTEKST bevat informatie over de standplaats van de bomen. Deze informatie is echter in veel gevallen zeer gebrekkig van karakter. De meest voorkomende waardes zijn: Boom (87.015, 61%); NA (23.562; 17%) en Solitaire boom (15.304; 11%). Deze 3 codes omvatten 88% van alle objecten. Er zijn echter in totaal 58 waardes, inclusief

- Standplaatsen: Boom in rij/ groep / weide
- Varianten: Solitaire boom / Sol. boom
- Oudere coderingen: O1 Grasweide / O2 Berm / etc
- Boomsoorten, inclusief varianten en spelfouten: Eik / Quercus / Quereus / zomereik
- Status: dood / dood? / uitgescheurd

Conclusie: dit veld is niet nuttig.

Het veld "TYPE" bevat in het algemeen de soortnaam van de puntobjecten. Ook dit veld is echter niet zonder problemen. De meest voorkomende waarden zijn 'Niet van toepassing' (14%); 'Populier' (12%); Zomereik (9%); Geen informatie (7%); Quercus robur (Zomer eik) (5%). In totaal 442 codes, inclusief:

- Vele varianten: Zomereik / Quercus robur (Zomer eik) / Zomereik (Quercus Robur) / Eik / Eik (Quercus) / etc. In totaal 34 types, waarvan er waarschijnlijk 25 corresponderen met de Zomereik.
- Mengsels: Els + Wilg + Iep + Veld Es + Berk + Eik / Els + Es + Iep / etc. (hetgeen eigenaardig is voor in principe solitaire bomen)
- Onbekende bomen: Onbekend / B3 / Solidair / Bestaande boom etc.
- Specifieke kruiden: Rapunzelklokje / Brede Wespenorchis / etc /
- Fauna: Buizerdnest
- Levensloze objecten: Inspectieput / Dassenklep / Wildrooster
- Overige codes: 11002 / -777 / -999

Handmatig is een lookup-table ontwikkeld om alle TYPE codes om te zetten in één van de volgende categorieën:

- Specifieke boomsoorten die voorkomen in de ProBos tool: Populier, Zomereik, Es, etc. (83.625 in totaal)
- Specifieke boomsoorten die niet voorkomen in de ProBos tool: Onbekend; Linde; Wilg etc. (58.126 in totaal)
- Objecten welke géén boom zijn (660).

In totaal omvat de punten-laag 141.751 bomen, waarvan 59% van een boomsoort is welke in de Probos tool voorkomt. (Zie Tabel 4)

2.3.2 Lijnen

De laag "groen_lijnen" bevat 104.167 lijnvormige objecten. Deels zijn dit boomrijen, maar ook taluds, hekken etc. Er is daarom eerst een selectie op mogelijke boomrijen en/of andere groene inrichtingslementen uitgevoerd. De velden "OBJECTTEKST", "Soort" en "TYPE" bevatten de meeste nuttige informatie. Van deze velden lijkt Soort de enige die geschikt is om een goede selectie mee uit te voeren. Hiervoor zijn de volgende waardes gebruikt: "BG" (bomengroep); "BR" (bomenrij); "HH" (Haag/Heg); "haag/heg" en "Niet van toepassing". Dit levert 5.697 lijnen op met een totale lengte van 592km.

De volgende stap is om alleen de lijnen te selecteren / clippen binnen de RWS beheersgrens. Dit levert een totaal op van 5.015 elementen met een totale lengte van 546km (92% van alle 'bomige' elementen in de data laag)

Het veld "OBJECTTEKST" bevat in totaal 21 verschillende codes, die in de volgende groepen uiteenvallen:

- "Bomenrij" (371km); "Bomenrij/laanbeplant"(11km); etc.
- <NA> (76km)
- Haag/heg (37km); Haag (18km); etc
- Boomgroep (3,7km); Struikengroep (1,7km) etc.
- Overig: Groenlijn / Doorgang / taluds, sloten etc.

Er is een eenvoudige classificatie gemaakt van deze typen:

- Zeker bomen (Bomenrij; bomenrij; etc); 386km
- Misschien bomen (<NA>, Houtachtige vegetatie; groenlijn); 87km
- Zeker geen bomen (Haag/heg; Doorgang; sloten, etc); 72km

Het veld "Soort" kent wegens de selectie per definitie een beperkt aantal waardes, welke in de volgende groepen zijn in te delen:

- BR (Bomenrij; 466km; 85%) en BG (Bomengroep; 5,8km; 1%)
- HH (Haag/heg; 68km; 13%) en haag/heg (40m)
- "Niet van toepassing" (5km)

Ook voor al deze waarden is een classificatie gemaakt in termen van wel/niet/misschien een bomenrij.

Het veld "type" is voor een aanzienlijk deel gevuld met soortnamen (in vele varianten: 6 varianten op "Zomereik" en 12 populier-achtigen). De meest voorkomende waarden zijn:

- Niet van toepassing (245km) / Geen informatie (53km) etc.
- Zomereik (112km); Populier (62 km) en overige met naam genoemde boomtypen.
- Heggen en hagen (15km); Hedera, Liguster; andere struiken etc.

Ook hier is weer een classificatie gemaakt in termen van wel/niet/misschien een bomenrij.

Op grond van deze herclassificatie kan een uiteindelijke selectie gemaakt worden van de (waarschijnlijke) bomenrijen:

- 470 km in totaal, waarvan
- 270km onbekend
- 112km Zomereik
- 62km Populier
- 26km overige soorten.

2.3.3 Vlakken

De laag “groenbeheer_vlakken” bevat (binnen de grenzen van het Rijksbezit) in totaal 17.647 ha. Dit is echter niet allemaal “groen”, er zitten ook sloten, vijvers, schuren etc. tussen.

Er staan 4 velden met informatie ter beschikking: “object_text”, “object_code”, “soort” en “type”.

- Veld “object_text” bevat 271 unieke waarden. IN veel gevallen zijn dat vegetatieaanduidingen (“Gras”; “Grazige vegetatie”), samenstellingen (“-/ /34/38”) maairegimes (“GrasA, 2x/jr, m+a”) of varianten (“Schraalgrasland”; “Schrgrs”).
- Veld “object_code” bevat 175 unieke waarden, zonder verdere toelichting. De meest voorkomende zijn “N050101”, “B1”, “Niet van toepassing”, en “Geen informatie”.
- Veld “soort” bevat grotendeels een numerieke code (2015; 210; 2021), maar ook aanduidingen als “gras”, “Nog in te winnen”, “Niet van toepassing” etc,. In totaal 85 unieke waarden. Er is een sleutel beschikbaar vinden voor deze codes (2015 is “Soortenarm grasland op zand”, etc.).
- Veld “type” bevat soortgelijke informatie als de andere velden. Vaak zijn dit vegetatieaanduidingen (“Schraalgrasland type B”) een status (“Niet van toepassing”; “Geen informatie”) of codes (“AZ4”; “EZ2”). In totaal 366 waardes.

Deze velden komen in 2982 verschillende combinaties voor. Uit analyse van de grootste oppervlaktes concluderen we dat het veld *Soort* het meest informatief is. De verdere analyse zal dan ook met dit veld plaatsvinden.

Tabel 1. Eerste 20 meest voorkomende combinaties van codes voor groenbeheer (vlakken)

object_text	object_code	soort	type	Oppervlak (ha)	
- / - / 34 / 38	B1	2015 Soortenarm grasland op zand	AZ4	101,64	6%
- / - / 34 / 38	B1	2017 Glanshaverhooilanden op schrale bodem	EZ2	93,78	5%
- / - / - / -	B6	1001 Loofbos op zand	EZ9	79,10	4%
Gras	N050101	2015 Soortenarm grasland op zand	Schraalgrasland, Type B	67,64	4%
Schraalgrasland	Geen informatie	2021 Ruige Glanshaver hooilanden	Schraalgrasland type B	60,87	3%
Gras	N050101	2015 Soortenarm grasland op zand	Schraalgrasland	51,08	3%
Gras	N050101	210 Schraalgrasland (vervalt)	Type A	48,28	3%
Gras	N050101	2017 Glanshaverhooilanden op schrale bodem	Schraalgrasland, Type B	34,17	2%
Gras	Geen informatie	210 Schraalgrasland (vervalt)	Beheertype Schraalgrasland type A	31,94	2%
Bomen en struiken	N0503	103 Loofbos	Gesloten beplanting	28,79	2%
Schrgrs	Geen informatie	2021 Ruige Glanshaver hooilanden	Schraalgrasland type B	26,49	2%
Gras	N050101	2015 Soortenarm grasland op zand	Niet van toepassing	25,26	1%
GrasA, 2x/jr, m+a	Niet van toepassing	210 Schraalgrasland (vervalt)	Grasmengsel B3	24,44	1%
Schraalgrasland	NA	2021 Ruige Glanshaver hooilanden	Schraalgrasland type B	23,20	1%
Droge ruigte	N050101	2008 Droge ruigte	Ruigte	20,67	1%
Gras	Niet van toepassing	210 Schraalgrasland (vervalt)	Geen informatie	20,67	1%
Gras	N050101	2021 Ruige Glanshaver hooilanden	Schraalgrasland, Type A	19,56	1%
- / - / 34 / 38	B1	2019 Heischraal grasland	EZ5	17,55	1%
Gras	N050101	2017 Glanshaverhooilanden op schrale bodem	Schraalgrasland, Type A	17,25	1%
Gras	Geen informatie	210 Schraalgrasland (vervalt)	Type A	16,46	1%
				46%	

3. Methodologie

3.1 Koolstofvastlegging en -opslag

Voor de koolstofvastlegging en opslag (voorraad) in natuurtypes in Nederland is gebruik gemaakt van een in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit opgesteld overzicht van cijfers uit verschillende studies, welke afgestemd zijn met kentallen uit de IPCC-richtlijnen (Arets, 2018). Voor cijfers van koolstofopslag en -vastlegging in agrarisch landgebruik is gebruik gemaakt van een oudere studie waarin gekeken is naar koolstofvastlegging in de Nederlandse natuur en landbouw en aangevuld met cijfers uit andere publicaties (Lesschen et al., 2012). De resultaten zijn samengevat in Tabel 2.

3.1.1 Koolstofvastlegging

Voor de vastlegging van koolstof in natuur maakt Arets onderscheid tussen Netto Primaire Productie (NPP), dit is de koolstof die jaarlijks wordt vastgelegd in biomassa als gevolg van fotosynthese, en netto vastlegging van koolstof in het systeem over de langere termijn. Deze netto vastlegging komt overeen met de waarden die nodig zijn om de ecosysteemdienst koolstofvastlegging te berekenen. Het gaat hier dus nadrukkelijk niet om de hoeveelheid die jaarlijks uit de lucht wordt opgenomen, maar de hoeveelheid die jaarlijks langdurig wordt vastgelegd in boven- en ondergrondse biomassa en bodem organisch materiaal. Voor bossen is de netto vastlegging afhankelijk van of er kap of andere vormen van onderhoud plaatsvindt. De gegeven waarden zijn gebaseerd op bruto bijgroei, sterfte en oogst gebaseerd op herhaalde metingen in de bosinventarisaties MFV (2001–2005) en de NBI6 (2012–2013). Voor korte vegetaties, heide en graslanden, geeft Arets (2018) NPP waarden van respectievelijk 1,1 ton C /ha /jaar voor heide en 2,6 ton C /ha /jaar voor natuurlijke graslanden, maar neemt verder aan dat deze systemen in evenwicht zijn en de netto vastlegging derhalve beperkt is. Op basis van een publicatie van Janssens et al. (2005) wordt hiervoor een waarde van 0.19 ton C /ha /jaar voor natuurlijke graslanden en heide genomen en 0.18 ton C /ha /jaar voor extensief beheerd grasland en overige graslanden. We nemen aan dat dit vergelijkbaar is voor faunranden, ruigtes maar ook natuurlijke akkerlanden. Voor veengebieden is de netto vastlegging in

Tabel 2. Koolstofvastlegging en opslag per groep van ecosysteemttypen.

Ecosysteemtype		Vastlegging (ton C/ha/jaar)			Koolstof opslag in biomassa (ton C/ha)			
		laag	hoog	midden	2013	2015	2018	2020
Natuur	Loofbos (natuur)	1,7	3,2	2,45	107,7	110,4	114,5	117,2
	Naaldbos (natuur)	0,8	1,9	1,35	62,8	64,1	66	67,3
	Gemengd bos (natuur)	1,4	2,6	2	92,4	94,6	98	100,2
	Loofbos (met prod.)	1,8	4,6	3,2	108,7	111,6	115,9	118,8
	Naaldbos (met prod.)	0,5	2,2	1,35	59,8	60,6	61,8	62,6
	Gemengd bos (met prod.)	1,1	3,3	2,2	89,4	91,2	93,8	95,6
	Heide	0,19	0,19	0,19	13	13	13	13
	Hoog- en laagveen	0,22	0,22	0,22	1,6	1,6	1,6	1,6
	Grasland, natuurlijk	0,19	0,19	0,19	5	5	5	5
	Kustduinen	0	0	0	0	0	0	0
	Kwelder	1,5	1,5	1,5	15	15	15	15
Landbouw	Agr. Grasland, blijvend	0,18	0,73	0,455	9	9	9	9
	Agr. grasland, tijdelijk	0,18	1,23	0,705	9	9	9	9
	Akkerbouw, regulier	0	0	0	0	0	0	0
	Akkerland, natuurlijk	0,18	0,18	0,18	0	0	0	0
	Meerjarig (regulier)	0,92	0,92	0,92	21,7	22,3	23,2	23,8
	Meerjarig (extensief)	0,64	0,64	0,64	21,7	22,3	23,2	23,8
	faunrand, ruigte	0,18	0,18	0,18	9	9	9	9
Overig	Overig grasland	0,18	0,18	0,18	9	9	9	9
	Overig	0	0	0	0	0	0	0

potentie hoog, maar wordt deze door verdroging in de praktijk niet gehaald. Schorren en kwelders hebben wel een hoge netto vastlegging van 1,5 ton C/ha/jaar.

Hanegraaf et al. (2009) en Koopman et al. (2019) rapporteren een netto verlies van koolstof uit de bodem bij agrarische akkerlanden.

Voor (agrarische) graslanden gaat Arets (2018) uit van het idee dat er hier een evenwicht is bereikt tussen koolstofvastlegging en –afbraak, en dat de nettovastlegging dus beperkt is (“~0”). Recent experimenteel onderzoek (Koopman en Opheusden, 2019; Koopmans et al., 2019; 2020) laat echter zien dat het relatief lang duurt voordat dit evenwicht is bereikt; dat gras op klei meer koolstof vastlegt dan gras op zand, en dat de vastlegging het hoogst is voor jong grasland. Het aantal relevante factoren is echter groter dan waar betrouwbare informatie over beschikbaar is, juist binnen het RWS/Staatseigendom waar immers relatief vaak sprake zal zijn van lokale bovengrond die afwijkt van de ondergrond (ophoging etc).

3.1.2 Koolstofvoorraad

Op basis van de recentste Nationale broeikasgasrapportage (Ruyssenaars et al., 2020) kan de koolstofopslag per bostype zoals die gegeven wordt in Arets (2018) voor 2012 ook berekend worden voor 2013 tot en met 2020. In de tijd tussen de MFV en NBI6 is de gemiddelde koolstofvoorraad in biomassa in Nederlands bos toegenomen van 83,2 ton C /ha (in 2003) naar 94,8 ton C /ha (in 2012) een netto toename van 1,3 ton C /ha /jaar; na 2013 wordt in de Nationale broeikasgasrapportage uitgegaan van een gemiddelde toename van 1,0 ton C /ha /jaar. Op basis van deze gemiddelde trend en de specifieke koolstofvastlegging cijfers (rekening houdend met oogst) voor de bostypen is de koolstofopslag voor de verschillende bostypen berekend. Arets (2018) geven een koolstofopslag van 2,5 ton C /ha voor duinen. In het ecosysteemtype kustduinen zit naast duinen met helm ook duinvalleien met heide, struweel en naald- of loofbomen. Op basis van de gemiddelde verdeling tussen deze categorieën binnen de het ecosysteemtype kustduinen, is de koolstofopslag in kustduinen geschat op gemiddeld 6 ton C /ha.

3.2 Analyse

Voor de berekening van de koolstofvastlegging wordt de koolstofvastlegging van bos gevarieerd tussen de vastlegging met (‘laag’) en zonder kap (‘hoog’) en een waarde voor vastlegging daar precies tussenin (‘midden’).

De waarde voor vastlegging voor vastlegging met kap (‘laag’) is gebaseerd op de gemiddelde groei zoals waargenomen in de zesde bosinventarisatie. Dit was de gemiddelde vastlegging door bos in Nederland tussen 2003 en 2012. Er zit echter veel spreiding in groei tussen boomsoorten en locaties, en zonder kap is de vastlegging hoger. Voor 2020 is een aanvullende analyse gedaan gebaseerd op de boomsoorten als weergegeven in de geleverde kaarten (zie hoofdstuk 4.2).

Voor agrarisch grasland maken we gebruik van een eenvoudig empirisch model dat op de in paragraaf 3.1.1 genoemde experimentele resultaten is gebaseerd, en de koolstofvastlegging in de bovenste 10 cm beschrijft afhankelijk van de leeftijd (de Wit et al., 2018)

$$OS = 2.96 + 0,175L - 0,0021L^2$$

Waarin L de ouderdom van het grasland in jaren is, en OS het organisch stofgehalte in %.

Gezien de kwadratische vorm van deze vergelijking is het model enkel geldig tot de evenwichtssituatie die gemiddeld na zo’n 40 jaar is bereikt. Verder houdt dit eenvoudige model geen rekening met verschillen in bodemtype en details over (bodem) beheer.

Dit model is gebruikt om de koolstofdynamiek in een grasland gedurende 30 jaar te simuleren; Vervolgens is de gemiddelde koolstofvastlegging gedurende de eerste 5 jaar (tijdelijk grasland) en de periode daarna (blijvend grasland) bepaald. De uitkomst hiervan is een vastlegging van 1,23 ton C / ha /jaar voor tijdelijk grasland en 0,73 ton C /ha /jaar voor blijvend grasland. Gegeven de onzekerheden rondom bemesting, bodemtype en feitelijke ouderdom zijn deze waarden als bovengrens gebruikt, en is de waarde van Arets et al (0,18 ton C /ha/jaar) als ondergrens gehandhaafd.

Voor overig grasland (het voornaamste type voor gras in wegbermen) wordt gevarieerd tussen de waarde 0.18 voor laagproductief gras en 1.23 voor hoogproductief gras.

4. Resultaten

Voor zowel de ecosysteemtypenkaart van heel Nederland (binnen de grenzen van het Staatseigendom) als voor het groenbeheer binnen het “RWS-droog” areaal, is de jaarlijkse koolstofvastlegging bepaald. Voor de ecosysteemtypenkaart is bovendien berekend wat de koolstofopslag in bodem en biomassa (paragraaf 3.1) is tijdens de peiljaren (2015, 2018 en 2020).

4.1 Natuurlijk kapitaalrekeningen

4.1.1 Koolstofvastlegging

In totaal werd er binnen het areaal van RWS (d.w.z. het areaal in staatseigendom) tussen de 23 en 39 kton C vastgelegd in 2020. Voor het overgrote deel (76–92%) in een natuurlijke omgeving, gevolgd door de bebouwde omgeving in brede zin (13–15%) en landbouw (4–11%)

Binnen de natuurlijke omgeving wordt de meeste koolstof vastgelegd in kwelders, rond 9 kton C/jaar, wat toe te schrijven is aan de combinatie van relatief groot areaal én een hoge vastleggingsintensiteit. De mate van koolstofvastlegging in bossen is erg afhankelijk van of er wel of niet gekapt wordt, zonder kap ligt de vastlegging in “overig bos” ongeveer gelijk aan kwelders en wordt er in natuur- en productiebos elk ook nog rond de 40 kton C/jaar vastgelegd. Samen hebben bossen dan ruim een grotere bijdrage dan kwelders; wanneer er wel kap plaatsvindt is de netto vastlegging lager en wordt er in de bossen samen ongeveer net zoveel vastgelegd als in kwelders.

De bijdrage van blijvend grasland op de vastlegging van koolstof is erg afhankelijk van de mate van vastlegging, bij een “lage” vastlegging van 0.18 ton C/ha/jaar is de bijdrage van blijvend grasland op de totale vastlegging klein, bij een “hoge” vastlegging van 0.73 ton C/ha/jaar heeft ook blijvend grasland een belangrijke rol in de vastlegging van koolstof in biomassa.

4.1.2 Koolstofvoorraad

In totaal is er binnen het RWS areaal naar schatting bijna 1 Mton koolstof opgeslagen in boven- en ondergrondse biomassa (Tabel 3). Afhankelijk van welke vastleggingssnelheden worden gehanteerd, correspondeert dit grofweg met 25 tot 40 jaar vastlegging.

Vergelijkbaar met vastlegging hebben bossen de grootste voorraad koolstof opgeslagen in de biomassa (totaal ruim 55%). Ook in kwelders (9%) en overig grasland (10%) zit veel koolstof opgeslagen, wat mede komt door het relatief grote areaal van deze ecosysteemtypen t.o.v. bos: 9% van het oppervlak is kwelder; 16% is overig grasland.

Tabel 3. (volgende pagina) Koolstofvastlegging en –voorraad volgens de NKR methodologie, voor het Staatseigendom areaal.

4.2 Probos

De Probostool is gebruikt om de koolstofvastlegging van zowel solitaire bomen als bosopstanden te schatten.

Hierbij is gebruik gemaakt van de volgende aannames:

- Bodem onbepaald
- Afvoer tak & tophout 100%
- Overgang van huidig landgebruik “grasland” naar 100% “Bos”
- Boniteit III.

Er zijn berekeningen gemaakt voor de koolstofvastlegging voor solitaire bomen, en voor verschillende bosbeheertypes (d.w.z. dunningsregimes). Per soort, en per beheertype is de vermeerdering in biomassa bepaald, uitgerekend in een massa koolstof per boom of hectare. Voor de eerste 50 jaar is per 5 jaar de vastleggingssnelheid bepaald, en over deze periode is het gemiddelde berekend. Vervolgens zijn over de variatie in beheertypes de minimale en maximale vastlegging bepaald.

De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4. Voor solitaire bomen springt de Populier eruit, met een vastlegging van ruim 16 kg C /boom / jaar, gevolgd door Douglas en Beuk. Voor bospercelen is dit anders: de hoogste waarden vinden we voor Douglas en Beuk (ruim 4,5 ton C /ha /jaar), en Populier komt pas op de 4^e plaats. Er is echter sprake van een aanzienlijke spreiding in koolstofopslag. Deze is het hoogst voor Beuk (3,1 ton C /ha/ jaar).

N.B. In de (model) werkelijkheid is de spreiding mogelijk nog groter, vanwege variatie in bodemtype en/of boniteit. Dit is verder niet onderzocht.

Op basis van de aantallen van de met naam gekarteerde solitaire bomen is een gewogen gemiddelde vastgesteld. Omdat deze populatie wordt gedomineerd door Populier en Zomereik (samen 68% van alle met naam genoemde bomen), reflecteert dit gewogen gemiddelde vooral deze twee soorten.

4.3 Groenbeheer: punten

Tabel 4. Koolstofvastlegging voor solitaire bomen (in kg C /boom /jaar) en bospercelen (in ton C /ha /jaar). Het weergegeven bereik reflecteert de variatie in dunnings- en beheersregimes. Op basis van data uit de Probos tool (paragraaf 2.2).

Soort	Solitair	Bosperceel		
Soort		min	mid	max
Amerikaanse Eik	2,96	2,03	2,03	2,03
Berk	1,15	0,89	1,11	1,33
Beuk	5,08	1,45	3,01	4,57
Douglas	9,51	2,43	3,55	4,67
Els	1,99	1,97	2,13	2,30
Es	4,10	2,97	3,22	3,47
Esdoorn	4,03	2,45	2,66	2,87
Grove Den	1,19	0,36	0,77	1,18
Lariks	4,49	1,43	1,78	2,14
Populier	16,14	1,46	2,23	2,99
Zomereik	3,34	0,38	1,36	2,34
<i>gewogen gem.</i>	<i>9,29</i>	<i>1,22</i>	<i>1,99</i>	<i>2,75</i>

Voor alle in paragraaf 2.3.1 genoemde individuele bomen is de koolstofvastlegging geschat, op basis van de kengetallen in Tabel 4. Hierbij is voor de met naam bekende bomen gebruik gemaakt van de soortspecifieke vastlegging, en voor alle overige bomen het gewogen gemiddelde. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 5. In totaal wordt er naar schatting zo'n 1317 ton C per jaar vastgelegd in biomassa.

Tabel 5. Koolstofopslag voor individueel gekarteerde bomen.

Boomsoort	probos?	Aantal	C vastlegging	
			kg C /boom /jr	ton C/jaar
Populier	ja	38.777	16,1	625,8
<i>onbekend</i>	nee	39.858	9,3	370,2
Zomereik	ja	30.514	3,3	101,8
Linde	nee	5.142	9,3	47,8
Iep	nee	3.686	9,3	34,2
Wilg	nee	3.653	9,3	33,9
Es	ja	8.204	4,1	33,6
<i>overig</i>	nee	3.175	9,3	29,5
Mix	nee	1.730	9,3	16,1
Esdoorn	ja	1.503	4,0	6,1
Plataan	nee	515	9,3	4,8
Kastanje	nee	367	9,3	3,4
Beuk	ja	650	5,1	3,3
Els	ja	1.565	2,0	3,1
Berk	ja	1.885	1,2	2,2
Grove Den	ja	447	1,2	0,5
Amerikaanse Eik	ja	55	3,0	0,2
Douglas	ja	16	9,5	0,2
Larix	ja	9	4,5	0,0
Totaal		141.751		1316,7

4.4 Groenbeheer: lijnen

Op gelijke wijze is voor alle lijnvormige elementen, zoals genoemd in paragraaf 2.3.2, de koolstofvastlegging bepaald. Bij gebrek aan verdere informatie is hierbij uitgegaan van een afstand van 10 meter tussen individuele bomen in een rij. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 6.

In totaal wordt er zo'n 390 ton C vastgelegd in bomenrijen, wat lager is dan voor individuele bomen. Grotendeels kan dit worden verklaard doordat het aantal bomen in rijen ($\approx 45k$) veel lager is dan het aantal puntvormig gekarteerde bomen ($\approx 145k$).

Door het grote aantal "onbekende" en "overige" bomen (samen 65% van de lengte) is de onzekerheid in koolstofvastlegging echter aanzienlijk. Als dit allemaal Populieren (de meest voorkomende boomsoort) zouden zijn, dan zou de totale vastlegging zo'n 575 ton C zijn; als het allemaal zomereiken zouden zijn (ook veel voorkomend), zou de totale vastlegging zo'n 224 ton C zijn.

Tabel 6. Koolstofvastlegging voor gekarteerde lijnelementen.

Boomsoort	Aantal	Lengte		Bomen aantal	C vastlegging	
		km			kg C /boom /jr	ton C /jaar
<i>onbekend</i>	2510	260,3	57%	26.026	9,29	241,7
Populier	243	54,3	12%	5.429	16,14	87,6
Zomereik	901	117,9	26%	11.793	3,34	39,3
<i>overig</i>	156	13,0	3%	1.297	9,29	12,0
Wilg	27	3,5	1%	348	9,29	3,2
Es	36	4,1	1%	406	4,10	1,7
Iep	8	0,9	0%	90	9,29	0,8
Esdoorn	12	1,6	0%	165	4,03	0,7
Linde	7	0,3	0%	35	9,29	0,3
Els	14	1,1	0%	109	1,99	0,2
Beuk	4	0,1	0%	8	5,08	0,0
Totaal		457,1		45.706		387,7

4.5 Groenbeheer: vlakken

Alle vlakvormige elementen met groenbeheer zijn geanalyseerd op de wijze zoals binnen de NKR gebruikelijk is. Alle waarden van het veld "soort" zijn gekoppeld aan een zogenaamd koolstofvastleggings-ecosysteemtype (CET; Tabel 9) en vervolgens aan kengetallen voor de koolstofvastlegging (Tabel 2). Dit levert per kaartenheid een waarde voor koolstofvastlegging op.

Met name voor bos en grasland is er een aanzienlijke, en bekende, onzekerheid in koolstofvastlegging. Dit komt tot uitdrukking in de variatie tussen laag, midden en hoog.

Vervolgens zijn de resultaten geaggregeerd op het niveau van CET en landschap. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 7. De totale koolstofvastlegging van het gekarteerde gebied varieert tussen de 6.5 en 12.5 kton C, afhankelijk van boomtype en met name het beheerregime (regelmatige kap of niet).

De meeste koolstof wordt vastgelegd in bomen en bosopstanden (~75%) ondanks het relatief kleine oppervlak (13% van het begroeide oppervlak). Dankzij het grote oppervlak van ~70% dragen grassen ook nog voor ~25% bij aan de koolstofopslag.

Tabel 7. Koolstofvastlegging voor vlakken in het beheerde RWS-droog areaal.

Landschap	CET	Oppervlak (ha)	Koolstofvastlegging (ton C /jr)		
			laag	midden	hoog
bos+bomen	Loofbos (prod.)	2.000,2	3.600,3	6.400,6	9.200,9
	Gemengd bos (nat.)	173,0	242,2	346,0	449,8
	Naaldbos (prod.)	149,6	74,8	201,9	329,0
	Loofbos (nat.)	25,4	43,1	62,2	81,2
	subtotaal	2.348,1	3.960,4	7.010,7	10.060,9
gras+kruiden	Natuurgras	11.636,9	2.211,0	2.211,0	2.211,0
	Overig grasland	464,9	83,7	83,7	83,7
	Blijvend grasland	58,2	10,5	26,5	42,5
	subtotaal	12.160,0	2.305,2	2.321,2	2.337,2
heide+struiken	heide	773,3	146,9	146,9	146,9
riet+moeras	wetland	116,5	25,6	25,6	25,6
water	geen	1.298,1	0,0	0,0	0,0
onbekend	geen	937,9	0,0	0,0	0,0
kaal	geen	12,9	0,0	0,0	0,0
Totaal		17.646,8	6.438,2	9.504,4	12.570,6

5. Discussie

5.1 Algemeen

De NKR ecosysteemtypenkaart en de RWS vegetatiebeheerkaarten bieden beide goede aanknopingspunten voor het bepalen van een schatting van de koolstofvastlegging. De onzekerheden zijn echter groot, zo'n 25% ("hoog" of "laag" ten opzicht van "midden"). De voornaamste oorzaak hiervan is de onzekerheid over boomsoort, ouderdom en beheer (dunning?) en beheer van graslanden (ouderdom; bemesting; bodemtype).

Ter vergelijking kunnen we kijken naar de onzekerheden in de nationale schattingen van emissies van broeikasgasemissies vanuit landgebruik, -veranderingen en bosbouw (LULUCF) waar de onzekerheden in emissies van een vergelijkbare grootte zijn: -38% en +63% voor de hele LULUCF sector. Daarbinnen zijn de onzekerheden relatief groot voor Grasland (-62%; +65%) en minder voor Bos (10% + -12%). Ondanks de grote verschillen (landelijk vs selectief regionaal; emissies vs vastlegging) zijn de hier gevonden onzekerheden dus niet extreem hoog.

Naar verwachting zou de onzekerheid kunnen zakken tot zo'n 10% indien meer informatie bekend is over boomtype, (snoei en kap) beheer, bodem en waterhuishouding, wat voor dit type assessments als acceptabel zou moeten worden gezien.

5.2 RWS-droog vs NKR

In paragraaf 4.1 X is de koolstofvastlegging bepaald voor het hele RWS Staatseigendom areaal, gebruik makend van de landelijke ecosysteemtypenkaart. In paragrafen 4.3 t/m 4.5 is de vastlegging bepaald voor de begroeide vlakken en de lijn en puntvormige houtopstanden. Het is interessant om te kijken hoe deze twee datasets en benaderingen zich tot elkaar verhouden. Hiertoe hebben we voor het beheerde areaal van RWS-droog een aparte uitsnede gemaakt. Hierbij is de koolstofvastlegging uit lijnvormige (387 ton C / jaar) en puntvormige (1316 ton C /jaar) vegetatie-eenheden opgeteld bij de vastlegging door vlakvormige houtopstanden.

Uit de resultaten (Tabel 8) blijkt dat de verschillen vrij klein zijn: 8–17 kton C/jaar voor NKR; 8–14 kton voor RWS. De grootste verschillen worden hierbij veroorzaakt door de categorie "overig" die in de NKR analyse voor een groot deel uit Groenvoorzieningen bestaat (1300 ha; 700–1500 ton C).

Gegeven alle onzekerheden en inconsistenties tussen de kaarten lijkt dit een alleszins acceptabel resultaat, ook gezien het feit dat beide benaderingen deels dezelfde inherente onzekerheden kennen met betrekking tot boomtype; bodem en beheer.

5.3 Suggesties voor verbetering

Tabel 8. Vergelijking van koolstofopslag volgens de NKR ecosysteemtypenkaart en de RWS-droog groenbeheerkaart.

	NKR			RWS-beheer		
	Opp. (ha)	Vastlegging (ton C)		Opp. (ha)	Vastlegging (ton C)	
		laag	hoog		laag	hoog
Bos+bomen	2.973	4.829	12.006	2.348	5.664	11.765
Gras+kruiden	11.561	2.100	2.684	12.160	2.305	2.337
Overig	15.508	1.064	2.133	3.139	173	173
Totaal	30.042	7.993	16.823	17.647	8.142	14.274

Een betere (betrouwbaardere) schatting van koolstofvastlegging kan in eerste instantie worden verkregen door meer specifieke data over houtopstanden: welke soort? Welk beheer? Wat gebeurt er met snoeiafval? Welke leeftijd? Ook voor graslanden is de onzekerheid relatief groot en hangt deze grotendeels samen met bodemtype en leeftijd. Juist binnen het RWS areaal, waar veel bodemverstoring en ophoging plaatsvindt zijn deze lastig in te schatten. Wellicht dat een relatief kleine set van veldbepaling van koolstof in de bovengrond hier kan helpen de onzekerheden naar acceptabel niveau terug te brengen.

5.3.1 Basisdata

Uit dit onderzoek is gebleken dat de kwaliteit van het KernGIS nogal wisselend is wat betreft invulling van de verschillende velden. Zo zijn er veel synoniemen, afkortingen, spellingsvarianten (en –fouten) in omloop die een hindernis vormen voor het geautomatiseerd verwerken van deze data. Ook zijn er veel omissies. Het verdient dus aanbeveling om hier verbeteringen in aan te brengen. Om te beginnen zou de huidige database opgeschoond kunnen worden door alle synoniemen samen te voegen. De in dit onderzoek ontwikkelde bestanden zouden daarvoor een begin kunnen vormen. Ten tweede zouden omissies kunnen worden ingevuld tijdens de eerstvolgende beheers- of controleronde. Hierbij de invulmogelijkheden limiteren tot een beperkte set van namen, of categorieën, voorkomt nieuwe wildgroei. Eenzelfde advies kan worden gegeven met betrekking tot nu nog ontbrekende gegevens met betrekking tot beheer, onderhoud, bodemtype et cetera.

Ook is gebleken dat er onduidelijkheid is welk type informatie in welk veld (kolom) aanwezig is. Dit leek soms vrij willekeurig te zijn. Ook hier kan helderheid worden verschaft door gebruik te maken van helder definities en beschrijvingen.

Op landelijke schaal wordt er gewerkt aan het opzetten van een boomregister (boomregister.nl). welke 4x per jaar wordt ge-updatet. Het zou interessant kunnen zijn om te zien welke informatie hier in zit, eventueel in een samenwerkingsverband waarbij de door Rijkswaterstaat verzamelde veldgegevens per boom in het boomregister worden opgenomen.

Uit de geraadpleegde literatuur is duidelijk geworden dat de koolstofvastlegging in graslanden afhankelijk is van de ouderdom. Afhankelijk van het bodemtype leggen jonge graslanden meer koolstof vast dan oudere graslanden. In dit onderzoek was geen informatie beschikbaar over de ouderdom van percelen gras. Het is te overwegen te onderzoeken of informatie over de aanleg van wegen, kunstwerken etc. gebruikt zou kunnen worden als proxy voor de ouderdom van de aangrenzende graslanden.

5.3.2 Aardobservatie.

Het zou interessant kunnen zijn te verkennen wat de rol van aardobservatie zou kunnen zijn. Eerste experimenten hierbij, gericht op de kartering van ecotopen in de uiterwaarden, zijn veelbelovend (Geerling et al, submitted), en in operationeel gebruik (RWS vegetatiemonitor), maar op dit moment hoofdzakelijk nog beperkt tot de identificatie van vegetatie-eenheden.

Hoewel elementen van de koolstofcyclus met satellietbeelden kunnen worden gemeten, bijvoorbeeld NPP, is dat nog niet het geval voor koolstofvastlegging. Wat wél zou kunnen is dat, indien er een goede (steekproef) dataset zou zijn hoe koolstofvastlegging afhangt van (remote) meetbare (of reeds gekende) kenmerken van de vegetatie, deze kenmerken gebruikt kunnen worden om een ruimtelijk model voor koolstofvastlegging te kunnen parametriseren. Te denken valt hierbij aan bijvoorbeeld NDVI; vegetatiehoogte; NPP et cetera.

5.3.3 Koolstofbalans

In dit onderzoek is enkel gekeken naar de vastlegging van koolstof in biomassa en bodem. Dit is echter slechts één van de processen die de totale koolstofbalans in een gebied bepalen. Twee relevante processen die hier buiten beschouwing zijn gelaten zijn de emissies ten gevolge van oxidatie van veen- en moerige bodems, en de emissies als gevolg van landgebruiksveranderingen.

Veen ontstaat als gevolg van de opeenhoping van plantenresten, doorgaans als gevolg van een gebrek aan zuurstof door continue verzadigde hydrologische omstandigheden. Als gevolg van een combinatie van reliëf, materiaal van de ondergrond en de specifieke genese van het Nederlandse laagland, kwamen in verschillende delen van het land veenpakketten van aanzienlijke dikte tegen. Op de zandgronden zijn deze veengebieden grotendeels verdwenen, maar in West-Nederland en Friesland komen nog aanzienlijke hoeveelheden zogenaamd Hollandveen voor die vanouds vooral als veenweide gebied in gebruik zijn. Door het land gebruik van deze veenbodems, en met name de grondwaterstandsverlaging en continue drainage, staat de bovenste laag van deze bodems in voortdurend contact met zuurstof, waardoor het veen oxideert, en het organisch materiaal in de vorm van CO₂ in de atmosfeer verdwijnt. Het gaat hierbij om aanzienlijke hoeveelheden: landelijk zijn de emissies vanuit veenbodems (1883 kton C/jaar) tweemaal hoger dan de vastlegging door vegetatie (975 kton C) (Lof et al, 2017). In welke mate dit proces relevant is binnen het hier onderzochte areaal is niet duidelijk, mede doordat sprake zal zijn van lokaal afwijkende condities met betrekking tot grondwaterstand, afgraving, en/of afdekking van veenbodems.

Indien emissies vanuit veenbodems wel een relevante bijdrage zouden leveren aan de koolstofbalans op het Rijksareaal, dan is de meest voor de hand liggende methode om deze emissies te verkleinen het verhogen van de grondwaterstand. Eventueel zou bij volledige vernatting de emissies worden gestopt en omgezet in nieuwe veenvorming met bijbehorende vastlegging van koolstof.

Het tweede proces dat hier niet verder is uitgewerkt is de emissie van CO₂ als gevolg van veranderingen in landgebruik; bijvoorbeeld van bos naar grasland, of omgekeerd. Dit proces is feitelijk een combinatie van de verwijdering van de oude vegetatie (waarbij de vastgelegde koolstof deels zal vrijkomen) en het oxideren van koolstof in de bodem door bodemberoering.

Hoewel dit proces wel deel uitmaakt van de LULUCF methodiek, is het bij de eerder uitgevoerde CBS-WUR koolstofrekening (Lof et al, 2017) buiten beschouwing gelaten en ook hier buiten scope gebleven. In principe bieden de tijdreeksen van bodembedekking, zoals vastgelegd in de top10NL topografische kaarten, in combinatie met de LULUCF methodiek hier aanknopingspunten voor.

Naast deze (half) natuurlijke vormen van koolstofverlies, is er ook nog de afvoer van koolstof in de vorm van gemaaid gras en gekapt en gesnoeid hout. In hoeverre deze stromen leiden tot langdurige opslag in biobased materialen of tot emissies, is niet bekend. Het wordt dan ook aanbevolen om deze stromen goed te meten; zowel vanuit het perspectief van een autonome koolstofstroom, als vanuit het perspectief van de invloed op koolstofopslag.

6. Literatuur

- Arets, E., 2018. Klimaatcijfers voor natuur, Cijfers voor koolstofopslag en -vastlegging in Nederlandse natuur. Wageningen Environmental Research. <https://edepot.wur.nl/468244>
- Arets, E.J.M.M., J.W.H van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2020). Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2020. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 168. 127 p.
- Boosen, M. en K. Riemer (2020) CO2-rekentool beplantingen Rijkswaterstaat – versie 2.0.
- Geerling, G., Penning, W., Rogers, C., Harezlak, V., van de Vries-Safavi Nic, C., Wilson, S., Donchyts, G. Operational near real-time monitoring for river floodplain vegetation management using remote sensing (Sentinel-2) and Google Earth Engine. River Research and Applications (submitted)
- Hanegraaf, M.C., Hoffland, E., Kuikman, P.J., Brussaard, L., 2009. Trends in soil organic matter contents in Dutch grasslands and maize fields on sandy soils. European Journal of Soil Science 60: 213-222.
- Koopmans, Ch. , Timmermans, B. , Wagenaar, J.P. , Hull, J. van 't , Marjoleine Hanegraaf, M., Haan, J. de, 2019. Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof Resultaten uit Lange Termijn Experimenten (LTE's). <https://edepot.wur.nl/513436>
- Koopmans, Ch., Timmermans, B., de Haan, J., van Opheusden, M., Selin Nore, I., Slier, Th., Wagenaar, P. Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale bodems 2019–2023; Voortgangsrapportage 2020. Louis Bolk Instituut en Wageningen Research, 50 p.
- Lof, M., Schenau, S., de Jong, R., Remme, R., Graveland, C. and Hein, L, 2017. The SEEA EEA carbon account for the Netherlands. Statistics Netherlands and Wageningen University, 64p.
- Lesschen, J.P., Heesmans, H., Mol-Dijkstra, J., Doorn, A. van, Verkaik, E., Wyngaert, I. van den, Kuikman, P., 2012. Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur. Wageningen, Alterra, Alterrapport 2396. <https://edepot.wur.nl/247683>
- P.G. Ruysenaars, P.W.H.G. Coenen, J.D. Rienstra, P.J. Zijlema, E.J.M.M. Arets, K. Baas, R. Dröge, G. Geilenkirchen, M. 't Hoen, E. Honig, B. van Huet, E.P. van Huis, W.W.R. Koch, L.A. Lagerwerf, R.M. te Molder, J.A. Montfoort, J. Vonk, M.C. van Zanten. Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2018 National Inventory Report 2020. DOI 10.21945/RIVM-2020-0031.
- de Wit, J., van de Goorm, S., Pijlman, J., van Eekeren, N. (2018). Opbouw organische stof met blijven grasland. V-focus Onderzoek & Beleid, april 2018, 32–34.

7. Koppeltabellen

7.1 NKR

Categorie		Ecosysteemtype
Natuur	Bos	111 Natuurbos
		112 Houtsingel
		113 Productiebos
		421 Overig bos
	Open_natuur	114 Ruigte
		115 Heide
		116 Stuifzand
		117 Natuurgras
		118 Akkerland (nat.)
		431 Overig, anders
	Wetlands	121 Moerasbos
		122 Hoogveen(moeras)
		123 Laagveen(moeras)
	Water	131 Waterloop
		132 Meer, plas
		133 Brakwater
	Kust	141 Kustduinen
		142 Kwelder
		143 Strand
	Water	144 Intergetijde en wadplaten
		145 Zandplaat
		146 Estuarium
		147 Noordzee
		148 Waddenzee
Landbouw	Akkerbouw	211 Akkerbouw (reg.)
		212 Akkerbouw (ext.)
		213 Meerjarig (reg.)
		214 Meerjarig (ext.)
	Grasland	221 Grasland, blijvend
		222 Grasland (tijdelijk)
		223 Grasland (ext.)
	Intensieve tuinbouw	231 Glastuinbouw
		232 Potten & Containers
	Landbouw, overig	241 Braakliggend
		242 Faunarand
Bebouwde omgeving	Wonen; economie; infra	311 Bebouwde omg. (stedelijk)
		312 nieuwbouw omg. (ruraal)
		321 Bedrijfsterrein
		322 Grondgeb. econ. act.
		331 Infrastructuur
		411 Zee, overig
		422 Overig grasland
		423 Overig terrein
	Openbaar groen; recreatie	341 Landschapstuin
		342 Park
		343 Plantsoen
		344 Groenvoorziening
		345 Semi-op. groen
		351 Sportterrein
		352 Verblijfsrecreatie

7.2 RWSgroenbeheer (vlakken)

Alle 85 vegetatietypen, zoals weergegeven in veld "soort" zijn handmatig gekoppeld aan een koolstofvastleggings-ecosysteemtype ("CET") en bijbehorend "landschap".

Tabel 9. Koppeltabel tussen veld "soort" uit de RWS groenbeheer-vlakken kaart en de NKR Koolstofvastleggings-ecosysteemtypen (CET)

soort	label	area_ha	pct	CET	landschap
2015	Soortenarm grasland op zand	351,706	20%	natuurgras	gras+kruiden
210	Schraalgrasland (vervalt)	317,072	18%	natuurgras	gras+kruiden
2021	Ruige Glanshaver hooilanden	170,746	10%	natuurgras	gras+kruiden
2017	Glanshaverhooilanden op schrale bodem	154,605	9%	natuurgras	gras+kruiden
1001	Loofbos op zand	83,849	5%	ploofbos	bos+bomen
103	Loofbos	81,207	5%	ploofbos	bos+bomen
200	Onbekend-overige vegetatie	73,686	4%	geen	onbekend
3005	Sloot	67,520	4%	geen	water
213	Talud watergang (vervalt)	58,525	3%	natuurgras	gras+kruiden
207	Gazon	37,573	2%	ograsland	gras+kruiden
2008	Droge ruigte	35,387	2%	heide	heide+struiken
3011	Schouwsloot	32,115	2%	geen	water
212	Boomweide	28,949	2%	natuurgras	gras+kruiden
101	Bos (vervalt)	28,243	2%	ploofbos	bos+bomen
2019	Heischraal grasland	28,214	2%	natuurgras	gras+kruiden
2022	Bloemrijke glanshaverhooilanden	28,101	2%	natuurgras	gras+kruiden
1006	Gemengd bos	16,017	1%	nmixbos	bos+bomen
2002	Soortenarme oevervegetatie	15,037	1%	natuurgras	gras+kruiden
1004	Jong dennenbos	13,947	1%	pnaldbos	bos+bomen
201	Heide	13,165	1%	heide	heide+struiken
109	Struweel (vervalt)	11,020	1%	heide	heide+struiken
2003	Rietoever	10,916	1%	wetland	riet+moeras
3001	Plas	9,270	1%	geen	water
209	Ruigte (vervalt)	9,265	1%	heide	heide+struiken
100	Onbekend-overige beplanting	7,852	0%	geen	onbekend
3004	Vijver	7,777	0%	geen	water
3009	Zaksloot	6,769	0%	geen	water
215	Overig (bijzondere situatie)	6,669	0%	geen	onbekend
1002	Loofbos op zware kleigrond	6,078	0%	ploofbos	bos+bomen
206	Productiegrasland (vervalt)	5,816	0%	bgrasland	gras+kruiden
gras	NA	4,784	0%	ograsland	gras+kruiden
108	Struikenrij (vervalt)	4,710	0%	heide	heide+struiken
2010	Gemeenschap van Engels raai gras en Grote weegbree	4,117	0%	ograsland	gras+kruiden
105	Sierbeplanting	3,610	0%	heide	heide+struiken
3002	Poel	3,098	0%	geen	water
2004	Bloemrijke natte ruigte	2,909	0%	natuurgras	gras+kruiden
214	Zoomvegetatie	2,717	0%	natuurgras	gras+kruiden
Nog in te winnen	Nog in te winnen	2,703	0%	geen	onbekend
1003	Moerasbos	2,538	0%	nloofbos	bos+bomen
...	...	...	...	...	...