

ForestFlow - Opgeloste koolstofluxen in bosbodems onder toekomstige regenregimes

WP1 Hydrologische studie van de ICOS sites

Het project voerde een gedetailleerde hydrologische karakterisering uit in twee Belgische ICOS-locaties: Brasschaat (grove den) en Vielsalm (mix van beuk en douglasspar). De fysische kenmerken die van belang zijn voor de hydrologische impactmodellering werden beoordeeld op twee ruimtelijke schalen: lokaal, waar een gedetailleerde bemonstering werd uitgevoerd, en op schaal van het volledige stroomgebied met een grovere resolutie. De analyse op kleine schaal maakte het mogelijk de fenologische en biogeochemische analyse rechtstreeks te koppelen aan de hydrologische fluxen. Deze fysische kenmerken werden vervolgens gecombineerd met geavanceerde hydrologische tijdreeksanalyses, om zowel de hydrologische kenmerken van de hele stroomgebieden als die van de specifieke bemonsteringsplaatsen te beoordelen.

WP2 and WP3: Biogeochemie en fenologie: impact op bodem-fluxen

Om de export van opgeloste organische koolstof vanuit het ICOS-station van Brasschaat in België te kwantificeren, hadden we als eerste doelstelling de aanpassing van het structurele ontwerp van de iFLUX sampler® zodat deze verticale in plaats van horizontale fluxen kon meten in een onverzadigde omgeving. Helaas was de aanpassing van de iFLUX sampler® niet succesvol, en daarom werd de methodologische doelstelling van deze studie gewijzigd van de aanpassing van de iFLUX sampler® in de creatie en het ontwerp van een Zero Tension Lysimeter (ZTL). De ontworpen sampler kreeg de naam Zero Tension Lysimeter (ZTL3D) en werd gemaakt door Selective Laser Sintering (SLS) met behulp van Nylon 12.

Vanwege de buitensporige droogte en de aanvankelijke problemen met het ontwerp van de sampler, besloten we voor een experimentele aanpak te kiezen, in plaats van een waarnemingsaanpak zoals in het voorstel was geopteerd. Er werden zowel uitgebreide irrigatie- als regensimulatie-experimenten in het veld uitgevoerd. Uit de resultaten blijkt een niet te verwaarlozen rol van DOC in de C-balansen. De hogere DOC-fluxen in diepere bodemlagen hebben ook een ecologische relevantie. Door DOC naar diepere lagen te brengen, waar de afbraak langzamer verloopt, zou de C-sekwestratie in de ondergrond op lange termijn kunnen toenemen. Maar ook het omgekeerde kan gebeuren: de verhoogde toevoer van DOC kan afbraak-processen stimuleren, wat resulteert in een verhoogde afbraak van SOM in de ondergrond en dus in nettoverliezen van SOM. De resultaten bevestigen het belang van DOC als een niet te verwaarlozen stroom van C die van terrestrische ecosystemen naar rivieren en oceanen stroomt. Een toename van de DOC-input als gevolg van extreme regenval zal leiden tot een toename van de laterale fluxen. Pas de laatste jaren wordt erkend dat de laterale flux van DOC groot is en het functioneren van de stroomafwaartse ecosystemen beïnvloedt. De ecologische impact van de toegenomen DOC-fluxen ten gevolge van de verergering van neerslagextremen werd - voor zover wij weten - nooit eerder geëvalueerd.

WP4: Hydrologische modellering

Voor de hydrologische modellering van de twee studiegebieden werd een nieuwe hydrologische modelbenadering geïmplementeerd. Er werd zowel een "lumped" als een ruimtelijk gedistribueerd stroomgebiedmodel ontwikkeld. Bijzondere aandacht werd besteed aan de modellering van de in de tijd veranderende omstandigheden, met inbegrip van de extreem natte en droge toestand van de bodem en het oppervlak. Het hydrologische model werd uitgebreid met een koolstofmodel gebaseerd op twee belangrijke submodules: één voor

het modelleren van organische koolstof in de bodem (SOC) en één voor het schatten van opgeloste organische koolstof (DOC). We hielden rekening met productie- en afbraakprocessen van SOC en DOC, alsook met de uitloging van DOC. Er werd een koppeling gemaakt met de bodemvochtmodule op basis van Aquacrop, waarbij rekening werd gehouden met de verticale verdeling van bodemvocht en drainage. De aanpak liet flexibiliteit toe, zowel in de ruimtelijke resolutie als in de modelstructuur (in termen van processen).

De organische koolstof in de bodem werd gesimuleerd op basis van het RothC-schema, en de DOC werd gesimuleerd op basis van de JULES-DOCM- en ORCHIDEE-SOM-conceptualisatie. Productie- en afbraakprocessen van SOC en DOC, evenals DOC-uitloging, werden per door de gebruiker gedefinieerde laag in aanmerking genomen. De koolstofdynamiek werd gesimuleerd tot op 2 m diepte, rekening houdend met de globaal beschikbare gegevens per diepte, zoals bodemtextuur en wortelverdeling. Het model bevat geen dynamisch vegetatiemodel, maar houdt rekening met de seizoensgebonden en verticale verdeling van plantenresten op basis van literatuurwaarden. Voorlopige resultaten toonden aan dat de ruimtelijke patronen van SOC, waaruit DOC wordt afgeleid, in overeenstemming zijn met SOC-patronen die zijn waargenomen op regionale en mondiale kaarten, zoals SoilGrids. Verder bleek uit de resultaten voor Brasschaat dat de omvang en seizoensgebonden verdeling van heterotrofe ademhaling, werkelijke evapotranspiratie, en tot op zekere hoogte bodemvocht in overeenstemming is met veldwaarnemingen.

WP5: Analyse klimaatscenario's

Neerslagregimes en extremen zijn in België onderhevig aan veranderingen op regionale schaal door wereldwijde klimaatverandering. Vooral de veranderingen in de frequentie, intensiteit en duur van extremen, bv. droogte en extreme neerslag, zijn een aandachtspunt. Om de veranderingen in deze regimes te begrijpen en mogelijke mitigatiemaatregelen uit te werken, is de wisselwerking tussen de grootschalige klimaatveranderingen en de regionale aspecten, b.v. landgebruik, van bijzonder belang voor geïntegreerde regionale aardsysteemmodellen, die tot doel hebben klimaat-, landoppervlakte- en hydrologische modellen te koppelen, en aldus mogelijke terugkoppelingen tussen de componenten van het aardsysteem te incorporeren. Bij het opzetten van die gekoppelde systemen moeten we eerst de modelonzekerheden kwantificeren en de geldigheid inschatten van de toekomstscenario's. Deze stap is essentieel omdat de verbetering van de informatie die stroomafwaarts door de impactmodellen wordt gegeven, sterk samenhangt met de kwaliteit van het klimaatmodel. Voor het klimaat worden twee modellen, beide gebruikt bij het KMI, geëvalueerd: het ALARO-0 klimaatmodel en het SURFEX v8 landoppervlakmodel, een geactualiseerde versie van het bij het KMI gebruikte landoppervlakmodel, dat rekening kan houden met de koolstofcyclus en de vegetatieontwikkeling. Voor ALARO-0 komen de variabelen die zijn overgebracht naar landoppervlakte/hydrologische modellering (globale straling, windsnelheid, luchttemperatuur, neerslag) zeer goed overeen met de waarnemingen aan de grond, maar met een grotere onzekerheid over de jaarlijkse neerslag. Er was een sterke consistentie tussen door 2 verschillende Global Circulation Models geforceerde runs over de afgelopen 40 jaar, hetgeen aangeeft dat er geen systematische biascorrectie nodig is voor verder gebruik in landoppervlakte/hydrologische modellen of bij het gebruik van toekomstige scenario's.

Voor SURFEX v8 zijn de componenten van lokale simulaties over de betrokken locaties vergeleken met teledetectie-gegevens. Daaruit blijkt dat de componenten van de watercyclus goed gesimuleerd zijn over de locaties en direct kunnen worden gebruikt, terwijl componenten van de koolstofcyclus, zoals de structurele bladparameters (bladoppervlakte-index) en de bruto primaire productie, de neiging hebben in de tijd te verschuiven en wellicht modelaanpassingen en/of -correcties vereisen voordat zij kunnen worden gebruikt door downstream-modellen of wanneer zij worden gekoppeld in regionale aardsysteemmodellen.

Landgebruik/landbedekking is een andere gevoelige input voor klimaat- en landoppervlaktemodellen. Naarmate we overgaan op modellering met hogere resolutie, kunnen veranderingen in landgebruik ook een grotere impact hebben op de modellering van de water/koolstofcomponenten, en kunnen nauwkeuriger kaarten, inclusief tijdslijnen (in het verleden en in de toekomst), vereist zijn. Er zijn kaarten van landgebruik en bodembedekking gerapporteerd die België bestrijken en nuttig zijn voor klimaatrums, en er is een gelijkwaardigheid met de door SURFEX benodigde classificatie vastgesteld die voor verdere ontwikkelingen kan worden gebruikt.

Conclusie

Het relatieve belang van opgeloste en gasvormige export van koolstof uit bossen onder verschillende neerslagregimes blijft grotendeels ongekend, deels vanwege technische beperkingen om nauwkeurig opgeloste exportfluxen te meten, en deels vanwege een sterke focus op broeikasgasbalansen in de huidige onderzoeksinfrastructuur. Forestflow had als doel:

- De export van opgeloste organische koolstof uit loof- en naaldbossen te kwantificeren, en daarmee ecosysteemkoolstofbalansen te sluiten in twee Belgische ICOS-sites
- de seizoensgebondenheid van opgeloste en gasvormige koolstofexport uit bossen te kwantificeren: de fenologie van de bomen en het regenregime worden verondersteld de belangrijkste sturende factoren te zijn
- Onderzoeken of verschuivingen in de export van gasvormige vs. opgeloste koolstof optreden tijdens regenval en aanhoudende droogte
- Toekomstige veranderingen in de koolstofbalans van bossen modelleren, door de resultaten te implementeren in gekoppelde klimaat-, hydrologische en boscysteem-biogeochemische modellen.

ForestFlow was niet in staat om alle hierboven beschreven uitdagingen te overwinnen. De IFlux-bemonsteringsapparatuur bleek tot dusver niet in staat om onder niet-verzadigde bodemomstandigheden de verwachte prestaties te leveren. Er was niet voldoende tijd om de sampler opnieuw te ontwikkelen, dus werd besloten om nieuwe 3D-geprinte lysimeters te ontwikkelen. De methodologische vooruitgang die hier werd geboekt, maakte het voor het eerst mogelijk de DOC-fluxen tijdens extreme regenval te beoordelen. De vorderingen bleken ook waardevol voor andere onderzoekers en er werd een methodologisch artikel gepubliceerd. Uit de resultaten blijkt duidelijk dat de huidige schattingen van DOC-export uit bosbodems, die gebaseerd zijn op omstandigheden bij "normaal" weer, niet standhouden onder toekomstige klimaatregimes. Tijdens slechts één extreme regenbui wordt er dagelijks meer DOC geëxporteerd dan de huidige schattingen voor de maandelijks DOC-export uit de ondergrond op basis van eerdere studies. Ondanks de grote uitdagingen waarmee we werden geconfronteerd (extreme droogte, COVID-19 en de onverwachte noodzaak om een nieuwe sampler en opzet te ontwikkelen), tonen de resultaten van ForestFlow duidelijk aan dat verschuivende DOC-fluxen cruciaal kunnen zijn voor de koolstofbalans van het bos, waardoor de opslag in de bodem mogelijk kan verschuiven van opslag naar een netto-koolstofbron. Door de complexiteit bij het verkrijgen van de gegevens over de DOC-fluxen in het veld, is de volledige koppeling met de hydrologische modellering, zowel op lokaal- als op bekkenniveau, nog niet volledig ontwikkeld. Toch is er voor beide ICOS-locaties een werkend hydrologisch model ontwikkeld en is er nu ook een gekoppeld DOC-fluxmodel beschikbaar. Ook voor de regionale modellering, die essentieel is voor de koppeling met IPCC-scenario's voor neerslag, werden belangrijke aanpassingen aangebracht aan het ALARO-0 klimaatmodel en het SURFEX v8 landoppervlaktemodel. Componenten van de watercyclus werden gesimuleerd over de locaties en konden direct worden gebruikt, terwijl componenten van de koolstofcyclus,

zoals de structurele bladparameters (bladoppervlakte-index) en de bruto primaire productie, de neiging hebben in de tijd te verschuiven en wellicht enige modelaanpassingen en/of -correcties vereisen voordat zij in regionale aardsysteemmodellen kunnen worden gebruikt.

Keywords

Bossen; opgeloste koolstofuitvoer; toekomstig klimaat; extreme regenbuien; bodemlysimeter