

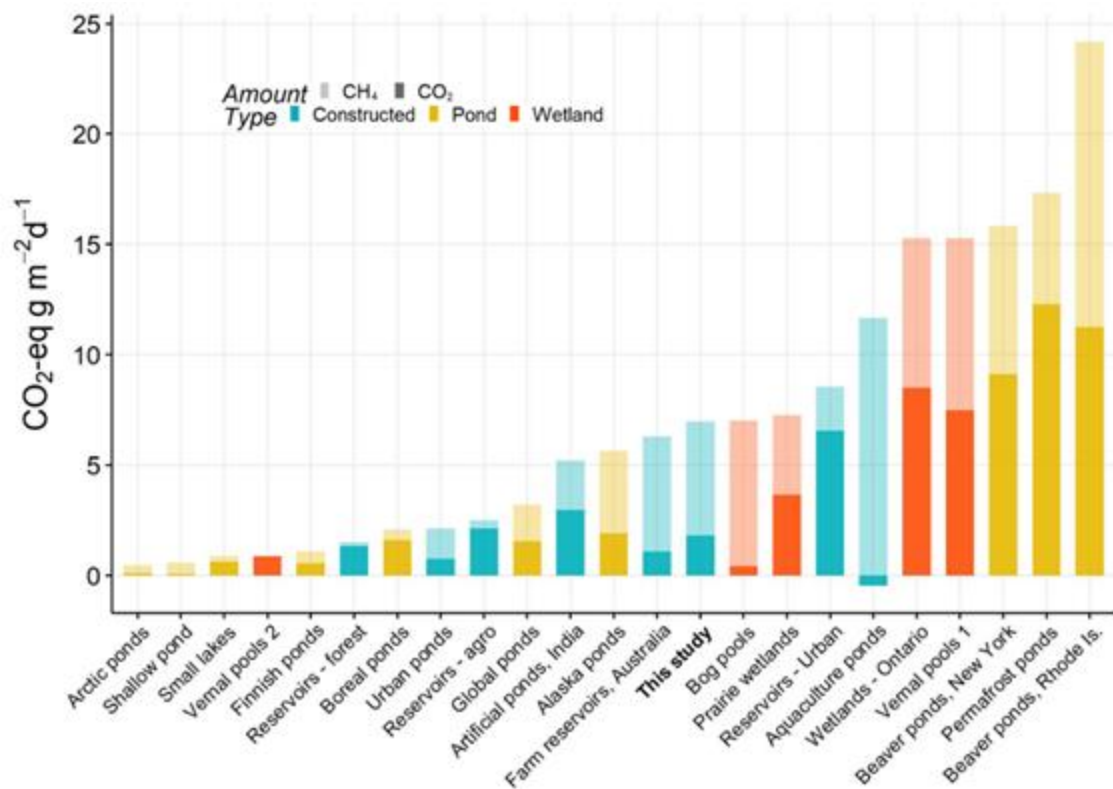
Achtergronddocument emissies uit andere systemen en relatie met nutriënten

Inleiding

De Deltafact "Broeikasgasemissies en zoetwater" beschrijft de huidige stand van kennis op het gebied van broeikasgasproductie en uitstoot uit zoete oppervlaktewateren. Hierbij ligt de focus op meren en plassen. Deze bijlage verstrekt informatie over broeikasgasemissies uit plassen en meren in vergelijking met andere wetlandssystemen, zoals sloten, vijvers, andere meren en veenweidegebieden, én de relatie met de nutriëntenbelasting. Nadere informatie over de processen die de broeikasgasuitstoot beïnvloeden is in het achtergronddocument 'relevante processen' te vinden.

Broeikasgasemissie uit aquatische ecosystemen

Ruim 18% van het Nederlands oppervlak bestaat uit open water (7422 km²), waarvan 33% bestaat uit grote meren (> 50 ha). Emissies uit aquatische systemen variëren wereldwijd sterk zie afbeelding 1 van vrijwel geen emissies tot emissies van ruim 90 ton CO₂ eq. ha⁻¹ jr⁻¹ (omgerekend van Webb et al. 2019). Dit onderstreept dat onderzoek naar de daadwerkelijke broeikasgasemissies, evenals tools om deze te voorspellen en te relateren aan systeemkenmerken en beheer, hard nodig zijn. Het vergelijken van broeikasgasemissies uit verschillende systemen is een lastige opgave. Resultaten van verschillende modellen en veldmetingen zijn niet altijd één op één te vergelijken door gebruik van verschillende meetmethodes, door verschillen in gemeten fluxen (uitstoot via opborrelen wordt bijvoorbeeld vaak niet meegenomen) en door grote verschillen in abiotische factoren tussen verschillende wateren. Zo speelt de grootte van de meren een belangrijke rol in GHG emissie (DeSontro et al. 2018), evenals temperatuur en klimaat (van Bergen et al. 2019; Aben et al. 2017), en de belasting met nutriënten en organische stof, zoals beschreven in de Deltafact.



Afbeelding 1 - impact van CO₂ en CH₄ emissie (uitgedrukt als g CO₂ equivalent uit verschillende waterbronnen bron: Webb et al. 2019). NB: "This study" verwijst naar de resultaten van het onderzoek van Webb et al..

Sloten

Nederlandse sloten zijn vanwege hun beperkte grootte veelal niet opgenomen als waterlichaam in de KRW. Dit terwijl de Nederlandse sloten maar liefst 330 000 km in lengte beslaan en in West-Nederland tot wel 20% van het oppervlak vormen. Als we kijken naar de impact van sloten op het klimaat, zijn de emissies uit Nederlandse sloten voor CH₄ (gemiddelde ± SE) 1.0 ± 0.2 ton CH₄ ha⁻¹ jr⁻¹ en voor CO₂ 7.5 ± 1.8 ton CO₂ ha⁻¹ jr⁻¹ (Vermaat et al. 2011). De klimaatimpact van sloten wordt dus voornamelijk veroorzaakt door de CH₄ uitstoot, welke voor 81% van de impact verantwoordelijk is (namelijk 34 ± 6.1 ton CO₂ eq. ha⁻¹ jr⁻¹ van de totale netto emissie 41.5 ± 7.9 ton CO₂ eq. ha⁻¹ jr⁻¹); CO₂ voor slechts 19%. De CH₄ emissie uit sloten is potentieel verantwoordelijk voor maar liefst 16% van de totale CH₄ uitstoot in Nederland (Kosten et al. 2018; IPCC 2019). Naar verwachting vormen hypertrofe sloten ook hotspots voor lachgas emissie (mondelijke opmerking Sarian Kosten), hiernaar moet nog meer onderzoek gedaan worden.

Meren

Gerapporteerde emissies uit Nederlandse meren zijn voor CH₄ 0.3 ± 0.1 ton CH₄ ha⁻¹ jr⁻¹ en voor CO₂ 5.4 ± 0.6 ton CO₂ ha⁻¹ jr⁻¹ (Schrier-uijl et al. 2011). Omgerekend draagt CH₄ emissie hier 68% bij (11.6 ± 4.8 ton CO₂ eq. ha⁻¹ jr⁻¹) aan de klimaatimpact van meren (Schrier-uijl et al. 2011), wat in lijn is met andere (internationale) studies waar CH₄ zo'n 75% bijdroeg aan de totale impact (DeIsondro et al 2018; Webb et al. 2019). Waarschijnlijk is dit een onderschatting, omdat in genoemde onderzoeken de uitstoot via gasbellen niet is meegenomen in de fluxen, net als in vele andere studies.

Vijvers

In vijvers is gebleken dat CH₄ uitstoot via opborrelen de grootste bijdrage levert aan de totale klimaatbelasting van de stadsvijver (Van Bergen et al. 2019). De CH₄ uitstoot via bellen maakte 50% van de totale emissie uit, gevolgd door CO₂ diffusie (38%) en CH₄ diffusie (12%). De CH₄ emissie bleek voornamelijk afkomstig uit het midden van de plas (Van Bergen et al. 2019). Zowel CH₄ ebullitie en CH₄ diffusie blijken sterk gekoppeld aan temperatuur, resulterend in disproportioneel hogere CH₄ emissies (met name via gasbellen) bij hogere temperatuur (Van Bergen et al. 2019; Aben et al. 2017). Dit is te zien in Tabel 1 als we kijken naar de zomer, waar de ebullitie zorgt voor verreweg de meeste CO₂ uitstoot. Per graad (°C) opwarming van de aarde is de geschatte toename in CH₄ uitstoot via opborrelen 6-20% (Aben et al. 2017).

Tabel 1 – Emissies uit stadsvijver gemeten in 4 seizoenen. Bron: fig. 3 in Van Bergen et al. 2019

	Lente	Zomer	Herfst	Winter
CO₂ diffusie (ton CO ₂ ha ⁻¹ jr ⁻¹)	6.6 ± 4.7	22.3 ± 12.8	11.3 ± 4.7	13.1 ± 6.6
CH₄ diffusie (ton CO ₂ eq. ha ⁻¹ jr ⁻¹)	2.2 ± 42.7	12.0 ± 23.0	2.2 ± 9.9	1.1 ± 1.8
CH₄ ebullitie (ton CO ₂ eq. ha ⁻¹ jr ⁻¹)	6.6 ± 6.9	56.2 ± 33.9	11.3 ± 73.4	0.0 ± 0.4

Veenweidegebieden

Veel van het Nederlands oppervlak (8,43%) bestaat uit veenweidegebied. Veruit het grootste deel van de veenweiden is in gebruik als landbouwgebied en daarom

gedraineerd (Van den Born et al. 2016). Dit leidt tot bodemdaling door veenoxidatie en daarmee ook hoge GHG uitstoot. Elke 10 cm drainage resulteert in 4,5 ton CO₂-eq. ha⁻¹ jr⁻¹ (Fritz et al. 2017). Jaarlijks stoten veenweidegebieden hierdoor zo'n 7 megaton CO₂ eq. uit. Het veranderen van het landgebruik van veenweidegebieden naar natte teelt door verhogen van de waterstand levert een potentiële winst van 0,08 megaton CO₂-eq jr⁻¹ op (Vertegaal et al. 2019). Hierbij moet voormalige landbouwgrond wel verwijderd worden (bijv. door middel van plaggen), omdat de hoge P concentratie in deze bodems leidt tot gigantische CH₄ uitstoot (Harpenslager et al. 2015). In het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweidegebied (NOBV) wordt uitgebreid onderzoek gedaan naar de emissie van broeikasgassen in veenweidegebieden in relatie tot maatregelen.

Nutriëntenbelasting

Een Canadese studie gefocust op CO₂ en CH₄ emissies uit kleine vijvers onder invloed van landbouw (n=101) liet zien, dat een hogere nutriëntenbelasting vooral resulteert in toename van het aandeel CH₄ in de totale uitstoot. De nutriëntenbelasting verklaarde in dat onderzoek maar liefst 74,1% van de CH₄ uitstoot (Webb et al. 2019; Beaulieu et al. 2019). Een simulatie van het effect van eutrofiëring op broeikasgasemissies in de toekomst voor verschillende stilstaande wateren (sloten, meren, vijvers) laat zien dat de CH₄ emissie versterkt met wel 30-90% (1.7–2.6 Pg C-CO₂-eq / jaar) (Beaulieu et al. 2019).

Verder is gebleken dat de verhoogde CH₄ emissie sterk correleert met hoge productiviteit (chlorofyl a) en hoge nutriëntenbelasting (totaal P) (DelSontro et al. 2018, Beaulieu et al. 2019). Deze data onderstrepen het belang om de nutriëntenbelasting in meren en sloten zoveel mogelijk te verminderen, om daarmee de broeikasgasemissies te verlagen. Alleen met een dergelijke aanpak is de cyclus van verhoogde nutriëntenbelasting, welke leidt tot verhoogde productie en meer organisch substraat en uiteindelijk meer broeikasgasemissie (met name CH₄) te doorbreken. Voor meer informatie over de relatie tussen de nutriëntenbelasting en de mate van de broeikasgasuitstoot zie ook het achtergronddocument 'relevante processen'.

Conclusie

Voor de ecosystemen die hierboven beschreven zijn, vormen sloten zover nu bekend gemiddeld de grootste bron van broeikasgas per hectare (41,5 ton CO₂ eq. ha⁻¹ jr⁻¹)

gevolgd door vijvers (33,5 ton CO₂ eq. ha⁻¹ jr⁻¹). Per oppervlakte-eenheid stoten veenweide gebieden met circa 4,5 ton CO₂-eq. ha⁻¹ jr⁻¹ (per 10 cm drainage) in verhouding tot de aquatische systemen relatief weinig uit.

Als we kijken naar het oppervlak dan beslaan meren verreweg het grootste oppervlak van open water systemen in Nederland. Dus ondanks dat ze minder uitstoten dan sloten, is de bijdrage toch substantieel door het grote oppervlak dat zij beslaan (zie ook tabel 2).

Sloten zorgen met name voor een hoge uitstoot door het grote aandeel CH₄ in de totale broeikasgas uitstoot. Doordat CH₄ zo'n sterk broeikasgas is (34x sterker dan CO₂ op 100 jaar tijdschaal (Myhre et al. 2013)), is het aandeel CH₄ in de totale emissie uit plassen en meren disproportioneel belangrijk ten opzichte van CO₂ (zie afbeelding 1 en tabel 2).

Daarnaast hebben verhoging van de nutriëntenbelasting, evenals de temperatuur effect op de CH₄ uitstoot van sloten, plassen en meren (zie ook het achtergronddocument relevante processen). Vooral de emissie via gasbellen neemt bij die verandering toe (Van Bergen et al. 2019; Aben et al. 2017). In het RIVM rapport over Nederlandse broeikasgasemissies van 1999-2015, worden de CH₄ emissies uit wetlands niet meegenomen in de berekening door gebrek aan data (Coenen et al. 2017). Dit geeft aan dat op dit gebied nog veel te winnen valt wat betreft het klimaat.

Literatuur

Aben, Ralf C. H., Nathan Barros, Ellen Van Donk, Thijs Frenken, Sabine Hilt, Garabet Kazanjian, Leon P. M. Lamers, Edwin T. H. M. Peeters, Jan G. M. Roelofs, Lisette N. De Senerpont Domis, Susanne Stephan, Mandy Velthuis, Dedmer B. Van De Waal, Martin Wik, Brett F. Thornton, Jeremy Wilkinson, Tonya Delsontro, and Sarian Kosten. (2017). Cross Continental Increase in Methane Ebullition under Climate Change. *Nature Communications* 8(1):1–8.

<https://www.nature.com/articles/s41467-017-01535-y>

Beaulieu, J. J., DelSontro, T., & Downing, J. A. (2019). Eutrophication will increase methane emissions from lakes and impoundments during the 21st century. *Nature Communications*, 10(1), 3–7.

<https://doi.org/10.1038/s41467-019-09100-5>

Coenen, P.W.H.G., Van der Maas, C.W.M., Zijlema, P.J., Arets, E.J.M.M., Baas, K., Van den Berghe, A.C.W.M., Van Huis, E.P., Geilenkirchen, G., Hoogsteen, M., Spijker, J., Te Molder, R., Dröge, R., Montfoort, J.A., Peek, C.J., Vonk, J., Oude Voshaar, S., Dellaert, S. (2017). Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990-2015: National Inventory Report.

http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL2017_Greenhouse-gas-emissions-in-the-Netherlands-1990-2015-national-inventory-report-2017.pdf

DelSontro, T., Beaulieu, J. J., & Downing, J. A. (2018). Greenhouse gas emissions from lakes and impoundments: Upscaling in the face of global change. *Limnology and Oceanography Letters*, 3(3), 64–75.

<https://doi.org/10.1002/lol2.10073>

Fritz, C., Geurts, J., Weideveld, S., Temmink, R., Bosma, N., Wichern, F., & Lamers, L. (2017). Meten is weten bij bodemdaling-mitigatie. Effect van peilbeheer en teeltkeuze op CO₂-emissies en veenoxidatie. *Bodem*, (2), 20–22.

Harpenslager, S. F., van den Elzen, E., Kox, M. A. R., Smolders, A. J. P., Ettwig, K.

F., & Lamers, L. P. M. (2015). Rewetting former agricultural peatlands: Topsoil removal as a prerequisite to avoid strong nutrient and greenhouse gas emissions. *Ecological Engineering*, 84, 159–168.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.08.002>

IPCC (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S.(eds).

Published: IPCC, Switzerland. [https://www.ipcc-](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch07_Wetlands.pdf)

[nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch07_Wetlands.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch07_Wetlands.pdf)

Kosten, S., Weideveld, S.T.J., Stepina, T. & Fritz, C. (2018) Mid-term report Monitoring Greenhouse gas emissions from ditches in the Netherlands. Report

Radboud University.

<https://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/191795/191795.pdf?sequence=1>

Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang (2013) "Anthropogenic and Natural Radiative Forcing". In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing.

http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

Schrier-Uijl, A. P., Veraart, A. J., Leffelaar, P. A., Berendse, F., & Veenendaal, E. M. (2011). Release of CO₂ and CH₄ from lakes and drainage ditches in temperate wetlands. *Biogeochemistry*, 102(1-3), 265-279.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10533-010-9440-7>

Van Bergen, T. J., Barros, N., Mendonça, R., Aben, R. C., Althuizen, I. H., Huszar, V., Lamers, L.P.M., Lurling, M., Roland, F. & Kosten, S. (2019). Seasonal and diel variation in greenhouse gas emissions from an urban pond and its major drivers. *Limnology and Oceanography* 64(5):2129-2139.

<https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/lno.11173>

Van den Born, G. J., Kragt, F., Henkens, D., Rijken, B., Van Bommel, B., & Van der Sluis, S. (2016). Dalende bodems, stijgende kosten. Mogelijke maatregelen tegen veenbodemdaling in het landelijk en stedelijk gebied. In Planbureau voor de Leefomgeving: Rapportnummer 1064.

<http://www.pbl.nl/publicaties/dalende-bodems-stijgende-kosten>

Vermaat, J. E., Hellmann, F., Dias, A. T. C., Hoorens, B., van Logtestijn, R. S. P., & Aerts, R. (2011). Greenhouse Gas Fluxes from Dutch Peatland Water Bodies: Importance of the Surrounding Landscape. *Wetlands*, 31(3), 493-498.

<https://doi.org/10.1007/s13157-011-0170-y>

Vertegaal, P., Borren, W., & Schoute, B. (2019). Natte natuur in het klimaatakkoord - win win in het kwadraat. *Vakblad: Natuur Bos Landschap*, 152, 12–15.

https://vakbladnbl.nl/wp-content/uploads/VNBL_feb2019_NatteNatuur.pdf

Webb, J. R., Leavitt, P. R., Simpson, G. L., Baulch, H. M., Haig, H. A., Hodder, K. R., & Finlay, K. (2019). Regulation of carbon dioxide and methane in small agricultural reservoirs: optimizing potential for greenhouse gas uptake. *Biogeosciences*, 16(21), 4211–4227. <https://doi.org/10.5194/bg-16-4211-2019>