

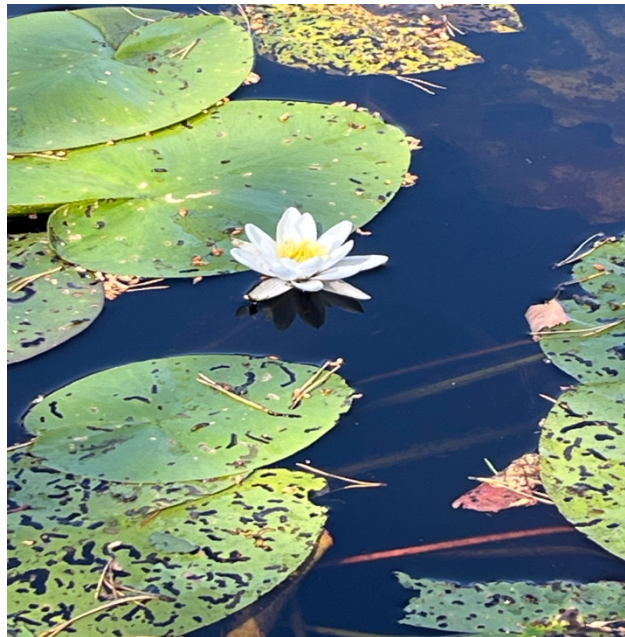


UNIVERSITY OF
GOTHENBURG

INSTITUTIONEN FÖR BIOLOGI OCH
MILJÖVETENSKAP

FLYTBLADSVÄXTER & METANUTSLÄPP

- En litteraturstudie



Kajsa Blom

Uppsats för avläggande av naturvetenskaplig kandidatexamen med huvudområdet Miljö & Biologi
ES1510, Examensarbete i miljövetenskap, 15 hp

Grundnivå

Termin/år: Vår 2024

Handledare: Maria Asplund, Institutionen för biologi och miljövetenskap & Mats Björk, Institutionen
för ekologi, miljö och botanik, Stockholms universitet

Examinator: Göran Wallin, Institutionen för biologi och miljövetenskap

Sammanfattning

Sedan industrialiseringen har koncentrationen metan i atmosfären ökat. Metan (CH_4) är en effektiv växthusgas, producerad av metanogena organismer i syrefria miljöer. Källorna till CH_4 varierar brett och är både antropogena och naturliga. Det är sen tidigare känt att växter genom sina luftutrymmen kan transportera gaser, inklusive CH_4 , från rötterna till atmosfären. Flytbladsväxter som är akvatiska växter med blad flytande på vattenytan och rötter eller jordstammar i, ofta syrefria, sediment utgör en transportväg för olika gaser. I denna strukturerade litteraturstudie undersöks det nuvarande kunskapsläget kring flytbladsväxternas bidrag till metanbudgeten. I resultatet presenteras fynd från 18 olika artiklar, där omfattningen av utsläppen samt flytbladsvegetationens betydelse lyfts fram. Totalt undersökte studierna 12 arter i sju olika länder. Förutom att bidra med växtförmedlade utsläpp visar fynd att de även påverkar dynamiken mellan de olika emissionsvägarna. Ytterligare redovisas faktorer vilka kan ha en effekt på utsläppen, så som variation mellan arter och miljöförhållanden. De högsta emissionerna uppmättes under sommarmånader men inga slutgiltiga slutsatser kring omfattningen kunde dras. Studien indikerar att flytbladsväxter har en betydelse för ett systems metanbudget men att omfattningen varierar mellan tid och art. Den observerade variationen mellan arter och de få antal flytbladsväxter och platser som representerats i studierna motiverar till ytterligare forskning kring området.

Tackord

Jag vill rikta ett tack till mina två handledare Mats och Maria för deras stöd och vägledning genom arbetet. Ytterligare vill jag även tacka mina närstående som stöttat, hjälpt och stått ut med mig under arbetets gång. Utan er alla hade jag inte klara detta.

Innehållsförteckning

1. INTRODUKTION	1
1.1. METANUTSLÄPP FRÅN AKVATISKA MILJÖER.....	1
1.2. FLYTBLADSVÄXTER OCH GASUTBYTEN	1
1.3. SYFTE.....	2
2. METOD	3
2.1. DATAINSAMLING.....	3
2.1.1. <i>Google Scholar</i>	3
2.2. URVAL	3
2.3. KVALITETSGRANSKNING.....	5
2.4. ANALYS	5
2.5. METODDISKUSSION.....	6
3. RESULTAT	8
3.1. UTSLÄPP AV METAN	8
3.2. TEMPORAL VARIATION.....	9
3.2.1. <i>Säsongsmässiga variationer</i>	9
3.2.2. <i>Dygnsmässiga variationer</i>	10
3.3. EMISSIONER FRÅN FLYTBLADSVegetationen	10
3.4. VARIATIONER MELLAN VÄXTER.....	11
3.5. PÅVERKANDE MILJÖFAKTORER.....	13
3.5.1. <i>Temperatur</i>	14
3.5.2. <i>Solstrålning</i>	14
3.5.3. <i>Vattendjup</i>	14
3.5.4. <i>Organiskt material</i>	14
4. DISKUSSION	16
4.1. VARIATION I UTSLÄPP	16
4.2. FLYTBLADSVÄXTERNAS BETYDELSE FÖR METANUTSLÄPP PÅ DESS VEGETATIONSPLATS	16
4.3. FAKTORER SOM PÅVERKAR OBSERVERADE VARIATIONER	17
4.3.1. <i>Skillnader mellan arter</i>	17
4.3.2. <i>Miljöfaktorer</i>	17
5. HUVUDSAKLIGA SLUTSATSER	19
REFERENSER:	20

1. Introduktion

Metan (CH₄) är en effektiv växthusgas med beräknad livslängd på cirka 12 år i atmosfären (Myhre m.fl., 2013). Efter industrialiseringen har koncentrationen CH₄ i atmosfären ökat betydande (Wuebbles & Hayhoe, 2002). Halten är lägre än den för koldioxid men metanets globala uppvärmningspotential har beräknats vara 24–38 gånger större än den för koldioxid över en hundraårsskala (Myhre m.fl., 2013). Förutom att fungera som en växthusgas påverkar koncentrationen av metan i atmosfären bildandet av andra gaser som vattenånga och ozon, vilket resulterar i att metan är den näst mest betydelsefulla växthusgasen efter koldioxid (Myhre m.fl., 2013). I och med den stigande halten samt dess effekt på klimat och atmosfärs kemi har metan och dess utsläppskällor fått en större uppmärksamhet på senaste tiden (Ruppel & Kessler, 2017; Wuebbles & Hayhoe, 2002). Källorna till metanutsläpp varierar brett och är både naturliga och antropogena (Nisbet m.fl., 2014).

1.1. Metanutsläpp från akvatiska miljöer

Akvatiska system utgör betydande metankällor, där våtmarker och sjöar står för de högsta utsläppen (Rosentreter m.fl., 2021). I dessa lugna vatten, som våtmarker sjöar och dammar utgör är syret ofta begränsat, framför allt i sedimenten. De syrefria miljöerna utgör en plats där metanproducerande mikroorganismer trivs (Grasset m.fl., 2018). Bildandet av metan sker i flera steg och involverar olika typer av mikroorganismer. Sammanfattat bryts organiskt material ner av bakterier genom fermentering. Slutprodukten av den anaeroba nedbrytningen används som substrat av metanogener, en grupp av arkéer, för att bilda metan. Emissioner av metan till atmosfären från akvatiska miljöer sker framför allt genom tre vägar: diffusion genom vattenkolumnen, ebullition (transport i bubblor) eller via transport genom växter. Genom transport i bubblor eller via växter undgår metan oxidation, vilket innebär att metan förbrukas av metanotrofa organismer och transporteras direkt till atmosfären (Borrel m.fl., 2011; Bridgham m.fl., 2012).

Den växtförmedlade transporten har visats sig vara betydande, där det främsta exemplet är från risodlingar (Wuebbles & Hayhoe, 2002). Majoriteten av metanemissionerna i risodlingar sker genom växtförmedlad transport. Metan i jorden diffunderar in i växten och transporteras genom luftutrymmen ut till bladen, där utsläppet sker (Nouchi m.fl., 1990). Totalt sett står risodlingar för ca 17 % av de antropogena emissionerna av metan till atmosfären (Wuebbles & Hayhoe, 2002). Växtförmedlade transporter av gaser till atmosfären har dessutom dokumenterats i andra typer av vattenväxande vegetation så som träd, övervattensväxter och flytbladsväxter (Vroom m.fl., 2022).

1.2. Flytbladsväxter och gasutbyten

Flytbladsväxter är en kategori akvatiska växter som är indelat utefter växtform snarare än nära släktskap. Det inkluderar därför arter som tillhör olika familjer men som har liknande växtsätt (Schuyler, 1984). Gemensamt för flytbladsväxter är att de är rotade i sedimenten med antingen rötter eller rhizom (jordstammar) och har blad flytande på vattenytan (Dahlgren, 2001). Exempel på flytbladsväxter är olika typer av näckrosor (inkluderar olika familjer) eller arter som Gäddnate (*Potamogeton natans*) och Sjögull (*Nymphoides peltata*). Rötterna och rhizomen är fästa i de syrefattiga sedimenten under vattenytan (Große, 1996). För att syresätta

undervattensdelarna har växterna aerenkym-vävnad som skapar ett kontinuum av luftutrymmen. Genom luftutrymmena kan syre och andra gaser transporteras från atmosfären ner till rötterna, vilket i flertalet flytbladsväxter sker genom trycksatt ventilering. Det innebär att tryckskillnader inom växten driver gasflödet, tillskillnad från diffusion som också återfinns bland växter (Dacey, 1981; Grosse m.fl., 1991). I bladen uppkommer porer som utvidgas i takt med att bladen utvecklas och åldras, därför blir trycket högre i de yngre bladen och det är i dessa som gasupptaget sker medan trycket i de äldre bladen är mindre. Gasflödet styrs på så sätt av tryckskillnader som är beroende av bladutveckling (Dacey, 1981; Dacey & Klug, 1979; Grosse m.fl., 1991). Transporten fungerar även omvänt, där gaser nere i rötterna eller sedimenten kan frisättas till atmosfären (Große, 1996). Detta sker genom att lösta gaser i sedimentvatten fritt diffunderar in i gasutrymmena hos växterna och frisätts genom de äldre bladen (Dacey & Klug, 1979). På så sätt kan metan transporteras genom växter till atmosfären. Faktorer som påverkar tryckskillnaderna kan därmed påverka gasflödet genom växten, och eventuella emissioner (Grosse m.fl., 1991).

Relationen mellan hur mycket CH_4 som produceras och hur mycket som oxideras avgör ett systems metanbudget (Bridgham m.fl., 2012). Förhållandet påverkas i sin tur av flera faktorer och mekanismer som exempelvis temperatur, förekomst och kvalitet på dött organiskt material och syretillgång (Borrel m.fl., 2011). Vilken typ av växtart, vad de har för växtsätt och gastransportmekanism, kan även det leda till variationer i utsläpp (Vroom m.fl., 2022).

1.3. Syfte

I detta arbete kommer fokus ligga på faktorerna hos flytbladsväxter och dess miljö som påverkar flödet av metan. Genom granskning av litteratur kommer flytbladsväxters och dess miljöes metanutbyte att undersökas och sammanställas. Syftet är att se över det nuvarande kunskapsläget inom området för att få en överblick över vilket sätt, och i vilken omfattning, flytbladsväxter och dess tillhörande habitat bidrar till metanbudgeten. För att besvara syftet har följande frågeställningar formulerats:

- I vilken omfattning bidrar flytbladsväxter och dess miljö till metanbudgeten?
- På vilket sätt bidrar flytbladsväxter och dess miljö till metanutsläpp, vilka faktorer är påverkande?

2. Metod

För att uppfylla syftet och besvara frågeställningarna görs studien i form av en litteraturstudie. Litteraturstudie som metod ger en överblick av ett område. Det används bland annat för att ta reda på vad som redan är känt och vart det finns kunskapsluckor inom ett ämne, vilket främjar framtida forskning. Genom att göra en strukturerad litteraturstudie tillförs transparens samt underlättar återskapande av studien. Det bygger på att genom ett systematiskt och förutbestämt sätt söka, välja och granska litteratur relevant till ett syfte och frågeställning (Berrang-Ford m.fl., 2015; Palmatier m.fl., 2018). Denna studie utgår från följande kriterier listade i Bryman (2018) och Palmatier m.fl. (2018): Definition av syfte och omfattning, datainsamling, urval, kvalitetsgranskning och till sist sammanfatta och rapportera resultatet.

2.1. Datainsamling

Först formulerades syfte och frågeställningar för att sedan utefter dessa utforma en sökstrategi. Den inledande delen i strategin var att ta ut centrala ord ur frågeställningarna för att börja göra testsökningar. Synonymer eller närliggande ord togs fram för att bygga upp sökblock. Nyckelord från relevanta artiklar plockades ut för att lägga till ytterligare ord. De olika blocken som byggts upp sattes sedan ihop till en söksträng: (*Floating-leaved OR emergent*) AND (*plant* OR macrophyte**) AND (*methane OR CH4*) AND (*flux OR transport OR emission*). Söksträngen användes i databaserna Scopus och Web of science. Den valda inställningen var att orden skulle sökas i titel, abstract och nyckelord. Inga ytterligare filtreringar användes. En sökning gjordes även i Google Scholar vilket beskrivs i avsnitt 2.1.1. För att hitta ytterligare artiklar att inkludera i arbetet utfördes också en manuell sökning i referenslistor, som utgick från de artiklar som valts ut i de systematiska sökningarna. Antalet sökträffar i varje databas redovisas i Tabell 1.

2.1.1. Google Scholar

Sökningen som gjordes i Google Scholar skilde sig från sökningarna i de andra databaserna, då sökmotorn är uppbyggd på ett annat sätt. Intentionen var att göra sökningarna så lika som möjligt och därför utfördes en avancerad sökning i Google Scholar. För att sökträffen inte skulle bli för stor gjordes sökningen snävare genom att använda färre synonymer samt genom att precisera transportvägen. Orden *Floating-leaved plant*, *Emergent plant*, *plant-mediated* och *methane* skrevs in i rutan för att hitta artiklar med alla orden. *Flux*, *transport* och *emissions* skrevs in i rutan som hette ”med åtminstone ett av orden”. Sökningen gjordes så att orden kunde hittas var som helst i artikeln. Denna sökning gav 199 träffar.

2.2. Urval

För att en artikel skulle inkluderas i arbetet krävdes att vissa kriterier uppfylldes. Artikelnen skulle undersöka sötvattensarter av flytbladsväxter som kan förekomma naturligt. Utöver det skulle de ha publicerats i vetenskapliga tidskrifter som är vetenskapligt kvalitetsgranskade, så kallat peer-reviewed, originalartiklar, det vill säga bygger på egeninsamlade data och vara skrivna på engelska. Det innebär att alla artiklar som innehöll andra typer av växter eller förhållanden uteslöts exempelvis fritt flytande växter, träd eller ris. Exkluderades gjordes

även böcker, review-artiklar, metaanalyser och andra typer av studier som inte publicerats i vetenskapliga tidskrifter. Valet av inkluderande och exkluderande kriterier lyfts i metoddiskussionen (se avsnitt 2.5.).

Vid varje enskild sökning gjordes ett första urval utefter rubriker och abstracts relevans till syftet (Tabell 1 & Figur 1). Efter att alla sökningar var gjorda och första urvalet genomförts togs alla dubletter bort. För de kvarvarande 123 artiklarna lästes alla abstracts igenom en gång till för ett andra urval, som utgick från inkluderingskriterierna. Till sist gjordes ett tredje och sista urval där artiklarna lästes i fulltext och de som inte uppnådde kraven togs bort. Främsta anledningen till att artiklar valdes bort var för att de inte undersökte någon flytbladsväxt. Urvalsprocessen som helhet illustreras i Figur 1. Sammantaget inkluderades 18 artiklar i studien varav kvantitativa data togs från 10.

Tabell 1.

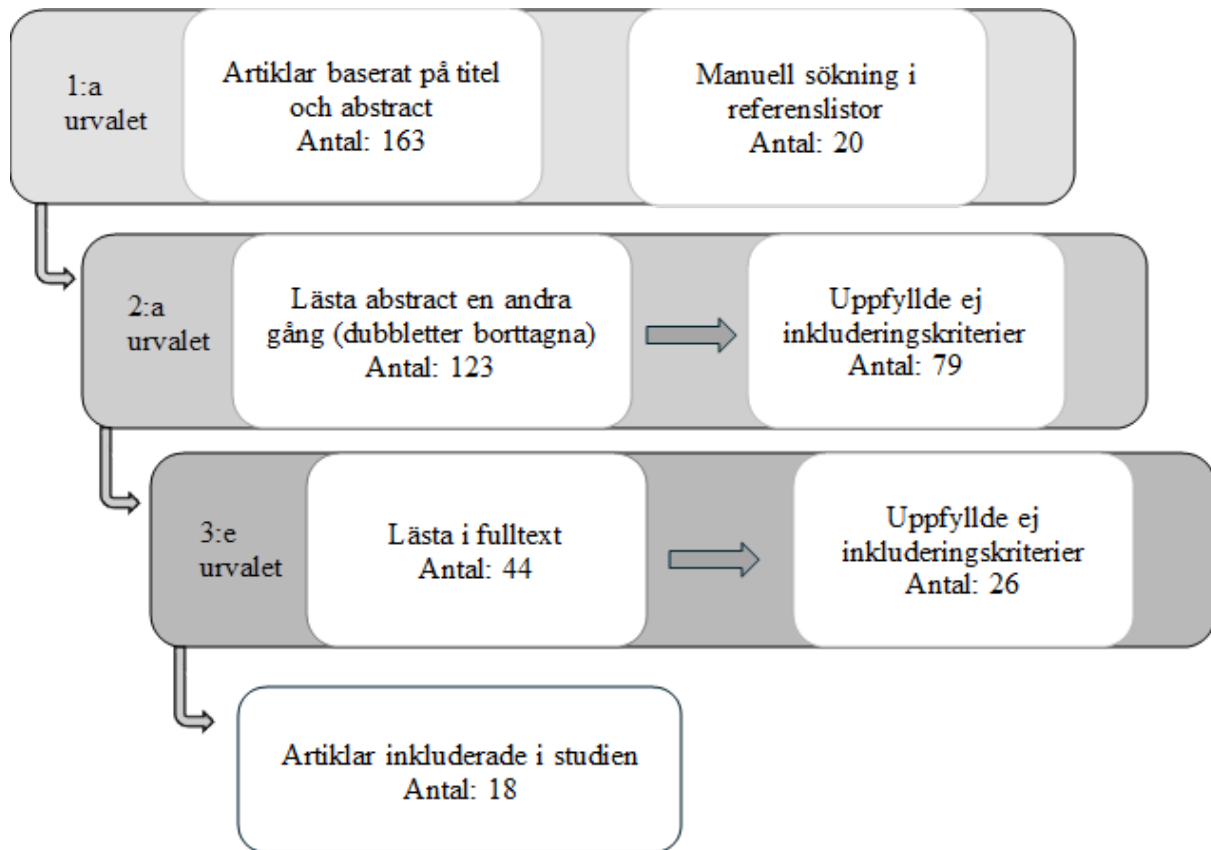
Sökningsprocessen. Vilket datum sökningen genomfördes i vilken databas med vilken söksträng, samt hur många träffar den gav.

Datum	Databas	Söksträng	Antal träffar	Urval efter titel och abstract
16-04- 2024	Google Scholar	Floating-leaved plant AND Emergent plant AND Plant-mediated AND Methane flux OR transport OR emission	199	44
17-04-2024	Scopus	(Floating-leaved OR emergent) AND (plant* OR macrophyte*) AND (methane OR CH4) AND (flux OR transport OR emission)	88	51
17-04-2024	Web of Science	(Floating-leaved OR emergent) AND (plant* OR macrophyte*) AND (methane OR CH4) AND (flux OR transport OR emission)	154	68
		Totalt	441	163

Kommentar. Urval efter titel och abstract är antalet artiklar som valdes ut efter första urvalet.

Figur 1.

Flödesschema över urvalsprocessen.



2.3. Kvalitetsgranskning

I strukturerade litteraturstudier är ett av stegen kvalitetsgranskning eller kritisk granskning, för att bedöma objektiviteten i studierna. Ett steg i detta vara att endast inkludera "peer-reviewed" artiklar då det medför en typ av kvalitetsgranskning i sig. Därtill undersöktes hur väl artiklarna var kopplade till syftet och frågeställningarna i denna studie för att inte dra slutsatser från data som inte är relevant. Det sista som granskades var transparensen i studierna, om syfte och metoden redovisat tydlig och utförligt. Sammantaget ansågs de utvalda studierna uppfylla dessa på en acceptabel nivå.

2.4. Analys

Samtidigt som artiklarna lästes i fulltext byggdes en egen databas i Excel upp, där relevant information ur artiklarna togs ut. Undersökta arter, metoder som använts, platser samt relevanta resultat var exempel på information som plockades ut. Detta gjordes för att få struktur över data. Utifrån frågeställningarna och informationen i artiklarna genomfördes bearbetning av både kvalitativa och kvantitativa data. Ett öppet förhållningsätt användes för att inte låta förutfattade meningar styra resultatet. För kvantitativa data omvandlades alla

världen till samma enhet för att kunna bli jämförbara. Till följd av detta blev de använda värdena färre och inga statistiska tester utfördes.

Kvalitativa data behandlades genom att kategorisera innehållet i fyra huvudteman: temporal variation, betydelsen av flytbladsväxter, variation mellan arter och miljöfaktorer. Dessa delades upp ytterligare i underteman. De olika kategorierna sammanfattades därefter utifrån det som kommit fram i artiklarna.

2.5. Metoddiskussion

Databaserna och inställningarna i dem användes för dess egenskaper som tvärvetenskapliga och för att de inkluderar ett brett urval av material. Genom att använda tre olika databaser av denna karaktär breddades utbudet ytterligare. Det gjordes endast en sökning i varje databas vilket kan innebära att för få, för snäva eller helt enkelt fel sökord kan ha använts, och därmed material missats. Vid mer tid hade flera olika söksträngar kunnat användas och bredare sökningar gjorts för att få ett mer heltäckande sökresultat. De sökord som användes togs fram genom testsökningar och nyckelord från relevanta artiklar för att bygga upp den valda söksträngen. Söksträngen togs fram för att omfatta så många väsentliga sökträffar som möjligt. En manuell sökning i referenslistor gjordes för att hitta ytterligare artiklar och därmed öka urvalet.

Sökningen i Google Scholar skilde sig från den i de övriga databaserna. Sökningen preciseras genom att lägga till vilken transportväg som skulle inkluderas samt att färre synonymer användes. En sökning med samma söksträng i Google Scholar hade gett flera tusen träffar vilket inte passade inom arbetes tidsramar. Detta kan innebära att eventuellt användbara och relevanta artiklar sållades bort.

Att artiklarna som skulle inkluderas i studien skulle undersöka sötvattensarter av flytbladsväxter som kan förekomma naturligt var för att det skulle vara anpassat till syftet och frågeställningen. Vilket också var varför andra typer av växter och miljöer exkluderades. I flertalet fall togs artiklar som studerade andra arter med men då förekom också undersökningar på flytbladsväxter. *Trapa natans* inkluderades i studien trots att den i vissa fall hänvisas som flytande växt (exempelvis Ribaudo m.fl., 2023; Zhou m.fl., 2022). Arten har blad i rosetter som flyter på ytan med bladskäft, rötter och pseudorötter under ytan. Rötterna är svagt fästa i sedimentet (Hummel & Kiviat, 2004) och räknas därför till en flytbladsväxt i denna studie. Likande beslut togs angående arten *Nelumbo nucifera* som i vissa fall hänvisas som en övervattensväxt (Zhou m.fl., 2023), den har både stående och flytande blad (Yang m.fl., 2024) och anses därför falla under kategorin flytbladsväxter enligt definitionen i denna studie. Artiklarna skulle vara publicerade i en vetenskaplig artikel samt vara peer-reviewed för att inkluderas, då det innebär att en typ av kvalitetskontroll genomförts (Rowland, 2002). Att andra artiklar så som exempelvis kandidatarbeten exkluderades var just på grund av att de ej var publicerade och därmed inte peer-reviewed. Metaanalyser och review-artiklar togs inte med för att en egen överblick skulle utföras.

Strukturerade litteraturstudier är huvudsakligen etablerat inom medicin (Berrang-Ford m.fl., 2015) och därmed är många av de befintliga hjälpmedlen för att genomföra denna typ av studie relaterade till just medicinska undersökningar. De framtagna check-listor som finns för kvalitetsgranskning var till följd av detta framförallt tillämpad för medicinska studier

(exempelvis Statens beredning för medicinsk och social utvärdering (SBU)). Utförligare kvalitetsbedömningar och check-listor finns tillgängliga för miljövetenskapliga studier. Dessa kräver en grundlig förståelse inom ämnet och den använda metodologin, för att upptäcka subjektivitet (CEE, 2022). I denna studie har enklare bedömningar gjorts då både kunskap och tid saknats för de utförliga granskningarna. Detta kan självklart bidra till vissa systematiska fel men som inte anses avgörande för denna studie.

Inledningsvis fanns förhoppningar att redovisning kring omfattningen av utsläpp skulle innefattas av jämförelser och statistiska analyser utifrån de värden som presenterats i studierna. På grund av egenskaperna i vissa kvantitativa data var omvandling till en och samma enhet inte möjlig. Dessa värden uteslöts därför från jämförelse, exempelvis vid saknad information om yt- eller tidsenhet. Ytterligare problem var att de olika mätningarna skilde sig temporalt, från dagar till månader och från endast dagtid till både dag och natt. Till följd av detta blev de använda värdena begränsade. Vid tillgång till hela dataset hade utfallet eventuellt kunnat vara annorlunda. Inga statistiska slutsatser kring jämförelser eller omfattning drogs, dock gjordes några enkla jämförelser av utsläppen mellan studierna.

3. Resultat

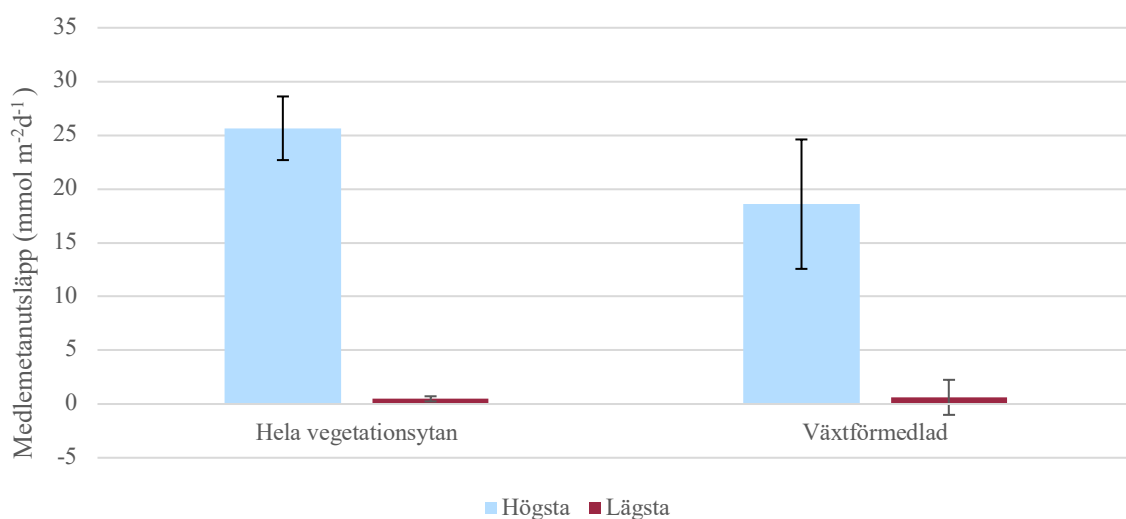
Totalt inkluderade de utvalda studierna mätningar på 12 arter av flytbladsväxter på spridda platser i världen. De främst representerade arterna bland studierna var *Nuphar lutea* (Gul näckros), *Nelumbo lutea* (Amerikansk lotus) och *Nymphaea odorata* (Doftnäckros). Flest studier var utförda i USA. Vilka arter som undersöktes på vilka platser visas i Tabell 2.

3.1. Utsläpp av metan

De framställda värdena för metanutsläppen var medel- och medianvärden. En av studierna redovisade ett totalutsläpp över ett dygn i juli från *Trapa natans* (Vattenkastanj) (Bolpagni m.fl., 2006). Av de presenterade värdena uppmättes det högsta genomsnittliga utsläppet beräknat till 25,65 mmol m⁻²d⁻¹, från *Nelumbo nucifera* (Indisk lotus). Mätningen gjordes över hela vegetationsytan och är ett medelvärde för provtagningar gjorda i två år mellan april-december och april-oktober (Zhou m.fl., 2023). Vid endast växtförmedlade utsläpp var det högsta genomsnittet 18,59 mmol m⁻²d⁻¹ vilket även det var från *N. nucifera* (Zhou m.fl., 2023). Det lägsta växtförmedlade var 0,62 mmol m⁻²d⁻¹ från *Brasenia schreberi* (Desrosiers m.fl., 2022). Variationen av medelvärden från hela vegetationsytan sträckte sig från 0,48 till 25,65 mmol m⁻²d⁻¹ från *Potamogeton natans* (gäddnate) (Kankaala m.fl., 2003) och *N. nucifera* (Zhou m.fl., 2023) respektive (se Figur 2). För *Nelumbo lutea* och *N. odorata* fanns endast medianvärden presenterade. Det växtförmedlade medianvärdet för *N. lutea* och *N. odorata* beräknades till 29,38 och 40,61 mmol m⁻²d⁻¹ respektive. De baserades på mätningar gjorda mellan juni och augusti (Villa m.fl., 2020). Inga jämförbara eller inga värden alls fanns redovisade för *Eichhornia azurea* och *Potamogeton gramineus*. Samtliga värden presenteras i Tabell 2.

Figur 2.

Variationen mellan högsta och lägsta medelvärden av metanutsläpp mätt från hela vegetationsytan och endast växtförmedlade utsläpp från studierna (Desrosiers m.fl., 2022; Jeffrey m.fl., 2019; Kankaala m.fl., 2003; Zhou m.fl., 2023).



Kommentar. Standardavvikelse är redovisat för medelvärdena förutom för lägsta värdet över hela vegetationsytan där istället standard error redovisas.

Tabell 2.*Medelmetanflöden över vegetationsytan från de olika studierna.*

Art	Plats	Provtagningsperiod	CH4 flöde (mmol m ⁻² d ⁻¹)	SD	Studie
<i>Nuphar lutea</i>	USA	Augusti	19,7*	1,6	Dacey & Klug., 1979
	Finland	Juli	0,96	0,24	Kankaala m.fl., 2003
	Italien	Maj-September	-	-	Ribaudo m.fl., 2012
	USA	April-Maj	-	-	Sebacher m.fl., 1985
<i>Nelumbo lutea</i>	USA	Juni-Augusti	29,38* Md	-	Villa m.fl., 2020
	USA	September	-	-	Villa m.fl., 2021
	USA	Juni-Oktober (2015) + April-Oktober (2016)	-	-	Rey-Sanchez m.fl., 2017
	USA	Mars (2011) - Mars (2013)	-	-	Chu m.fl., 2014
<i>Nymphaea odorata</i>	USA	Juni-Augusti	40,61* Md	-	Villa m.fl., 2020
	USA	September	-	-	Villa m.fl., 2021
	USA	April-Maj	-	-	Sebacher m.fl., 1985
	USA	Mars (2011) - Mars (2013)	-	-	Chu m.fl., 2014
<i>Potamogeton natans</i>	Finland	Juli	0,48	0,24	Kankaala m.fl., 2003
<i>Trapa natans</i>	Italien	Juli	116,3* t	8	Bolpagni m.fl., 2006
	Kina	April-December	10,59	-	Zhou m.fl., 2022
	Italien	April-Augusti	-	-	Pierobon m.fl., 2010
<i>Nymphaea capensis</i>	Australien	December + September	20,8	41,5	Jeffrey m.fl., 2019
<i>Brasenia schreberi</i>	Kanada	Maj-Oktober	0,62*	1,63	Desrosiers m.fl., 2022
	Kanada	Maj-Oktober	17,6	20,5	Desrosiers m.fl., 2022
<i>Polygonum amphibium</i>	Tibet	Juni-Augusti (2006+2007)	6,88	6,58	Chen m.fl., 2009
<i>Nelumbo nucifera</i>	Kina	April-December	25,65	2,96	Zhou m.fl., 2023
	Kina	Augusti-September	18,59*	6,02	Zhou m.fl., 2023
	Kina	Juli-Augusti	-	-	Riya m.fl., 2020
<i>Sparganium gramineum</i>	Finland	Juli	0,96	0,24	Kankaala m.fl., 2003
<i>Potamogeton gramineus</i>	USA	April-Maj	-	-	Sebacher m.fl., 1985
<i>Eichhornia azurea</i>	Brasilien	-	-	-	Fonseca m.fl., 2017
	Brasilien	September + Augusti	-	-	Hamilton m.fl., 2014

* Endast växtföremålade metanflöden

Kommentar. Provtagningsperiod avser den period studien är utförd. Md = medianvärde. t = totalvärde. SE = standard error. SD = standard deviation. Endast värden från Kankaala m.fl. (2003) är SE.

3.2. Temporal variation

3.2.1. Säsongsmässiga variationer

I Hongsjön utfördes månadsvisa mätningar på metanutsläpp från *N. nucifera* över två år (april-december 2021 och april-oktober 2022). Utsläppen visade tidsmässiga variationer, med värden som sträckte sig från 0,28 till 85,77 mmol m⁻² d⁻¹ över de två åren. Även tidsmässigt signifikanta skillnader mellan vegeterade och öppna ytor på sjön observerades (Zhou m.fl., 2023). Säsongsmässiga variationer kunde även noteras vid mätningar av *N. odorata*, *N. lutea*

(Chu m.fl., 2014; Rey-Sanchez m.fl., 2017) och *T. natans* (Pierobon m.fl., 2010; Zhou m.fl., 2022). Det dagliga utsläppet av metan mellan maj-september från *N. lutea* i en sjö i Italien följde ett säsongsmönster som var mer tydligt för den vegeterade ytan än den öppna vattenytan (Ribaud m.fl., 2012). När alla transportvägar mättes syntes fluktuationer över de olika säsongerna (Desrosiers m.fl., 2022; Jeffrey m.fl., 2019), där alla vägarna följde samma mönster (Jeffrey m.fl., 2019). Samtliga studier där en säsongsvariation kunde tydas uppmättes de högsta värdena under sommartid (Chu m.fl., 2014; Desrosiers m.fl., 2022; Jeffrey m.fl., 2019; Pierobon m.fl., 2010; Rey-Sanchez m.fl., 2017; Ribaud m.fl., 2012; Zhou m.fl., 2022; Zhou m.fl., 2023). Vid mätningar på sommaren, juni-augusti, över två år (2006 och 2007) kunde ingen signifikant säsongsvariation av metanflöden hos vegetationen tydas (Chen m.fl., 2009). Utsläppen från *B. schreberi* var försumbara under provtagningsperioden förutom i juli (Desrosiers m.fl., 2022).

3.2.2. Dygnsmässiga variationer

Utsläppen från *N. odorata* mätt endast under dagtid, visade på variationer mellan olika tider på dagen med en topp på morgonen (Sebacher m.fl., 1985). I fem av studierna observerades fluktuationer över olika tider på dygnet (Bolpagni m.fl., 2006; Dacey & Klug, 1979; Jeffrey m.fl., 2019; Rey-Sanchez m.fl., 2017; Riya m.fl., 2020). Skillnaden mellan dag och natt varierade mellan studierna. Utsläppen var högre på dagen än på natten för flöden mätta på *T. natans* (Bolpagni m.fl., 2006), *L. nucifera* (Riya m.fl., 2020) och *N. lutea* (Dacey & Klug, 1979). I en annan studie på *N. lutea* hittades inga signifikanta skillnader mellan dag och natt (Ribaud m.fl., 2012), detsamma gällde för en studie mätt på *Nelumbo lutea* och *N. odorata* (Villa m.fl., 2020). Utsläppen från *N. capensis* mätt från en våtmark i Australien visade skillnader mellan dag och natt för olika säsonger, ingen signifikant distinktion påvisades (Jeffrey m.fl., 2019). Mätningar av metanflödet i Old Womans Creek i USA visade en tydlig topp i utsläppen under morgonen vid 8:30. Inga tydliga skillnader mellan dag och natt återfanns (Rey-Sanchez m.fl., 2017).

3.3. Emissioner från flytbladsvegetationen

I studien från våtmarken i Australien utfördes mätningar av alla transportvägar över en säsong (Jeffrey m.fl., 2019). De fann under sommaren att diffusionen från den öppna vattenytan var högre än de växtförmedlade utsläppen från *N. capensis*. Under vintern var utsläppen i stället likvärdiga. När värdena viktades mot den relativa ytan fann de att emissionerna var högre från *N. capensis* än den öppna vattenytan. Denna viktning visade dessutom att de växtförmedlade utsläppen stod för 59 % av de totala emissionerna från hela våtmarken, detta trots att växterna endast levde på platsen två tredjedelar av den studerade perioden. Transport genom vegetation var den dominerade utsläppsvägen i våtmarken (Jeffrey m.fl., 2019). Alla transportvägar mättes även i en studie från Kanada (Desrosiers m.fl., 2022). I den undersökta sjön Simoncouche täckte vegetationen 26 % av ytan och stod för 80 % av de dagliga metanutsläppen. Genom att vikta värdena mot area bidrog de *Brasenia schreberi*-vegeterade ytorna med de största utsläppen på 48 %. Emissionerna från *B. schreberi*-ytorna dominerades av ebullition och endast en liten fraktion var växtförmedlad (Desrosiers m.fl., 2022).

Två av studierna mätte inte växtförmedlade utsläpp alls. Den ena var experimentellt utförd (Fonseca m.fl., 2017). Där placerades växterna i kammare med metanberikat vatten för att undersöka hur mycket metankoncentrationen i vattnet förändrades. De fann att vegetation bidrog till minskning av koncentrationen CH₄. Flytbladsväxten *E. azurea* minskade

koncentrationen mest jämfört med en fritt flytande art (Fonseca m.fl., 2017). Den andra studien utförde endast mätningar av ebullition och diffusion genom att lyfta bort bladen vid provtagning (Villa m.fl., 2021). Förhållandet mellan de två transportvägarna var ungefär jämnt fördelat mellan både flytbladsväxt-ytorna och den öppna vattenytan. Utsläppen mellan de två ytorna skilde sig dock åt med större utsläpp från de vegeterade ytorna (Villa m.fl., 2021). Högre emissioner från den vegeterade ytan än den fria vattenytan observerades även i andra studier. Från en studie gjord över ett dygn i juli på *T. natans* var vegetationen en nettokälla till metan med flöden som var signifikant högre från vegetationen än den öppna ytan (Pierobon m.fl., 2010). I en annan studie gjord på *T. natans* uppmättes även där ett nettoutsläpp av metan (Bolpagni m.fl., 2006). Mätningarna här gjordes under en längre period, april-augusti, och emissionerna av CH₄ var lika mellan vegetationen och öppna vattenytan på natten men med högre utsläpp från *T. natans* på dagen. Totalt sett var vegetationen en större utsläppskälla än den öppna ytan (Bolpagni m.fl., 2006). Mätningar utförda på *L. nucifera* gav liknande resultat. Vegetationsytans metanutflöden var signifikant högre än den icke vegeterade, där de växtförmedlade utsläppen bidrog med 30–80 %. Området med *L. nucifera* bidrog med utsläpp av metan men visade även indikationer på att utgöra en kolsänka, ingen slutsats drogs (Zhou m.fl., 2023). Ytterligare en studie såg högre utsläpp från vegetationen än från den öppna vattenytan. I fallet mättes växtförmedlade flöden från *Nelumbo lutea*. De fann att området, trots att det var en sänka av koldioxid under växtsäsongen, var en nettokälla till kol på grund av metanemissionerna (Rey-Sanchez m.fl., 2017). De växtförmedlade emissionerna belyser även författarna till en studie utförd i Duck Lake, Michigan, där mätningar gjordes på *Nuphar lutea* (Dacey & Klug, 1979). De fann att de gula näckrosorna bidrog med 46 % av det totala flödet. Det nämns även att det totala bidraget från växter eventuellt är högre på platsen, då flödena från *N. odorata* som fanns i de djupare delarna av sjön inte mättes (Dacey & Klug, 1979). CH₄-emissionerna från hela ekosystemet bidrog med en signifikant del av den årliga kol atmosfärsbudgeten i ett kärr i Ohio, USA (Chu m.fl., 2014). De mätte med Eddy covariance över hela ytan, där de beräknade att flytbladsväxterna stod för ca 74 % av utsläppen. De lyfter vikten av den växtmedierade transporten (Chu m.fl., 2014).

I två av studierna återfanns ingen signifikant skillnad mellan de flytbladsvegeterade ytorna och den öppna vattenytan. I en studie där mätningar gjordes på bland annat *T. natans* såg man att de genomsnittliga utsläppen från den fria vattenytan var högre än från bestånden med vattenkastanj. Inga statistiska tester utfördes för att visa att skillnaden var signifikant (Zhou m.fl., 2022). I våtmarksområdet Pantanal i Brasilien, mättes både ebullition och växtmedierat metanflöde. Undersökningen visade att vattendjupet påverkade förhållandet mellan de två olika transportvägarna och föreslog att växtmedierad emission inte nödvändigtvis måste vara den viktigaste transportvägen i vegeterade vatten (Hamilton m.fl., 2014).

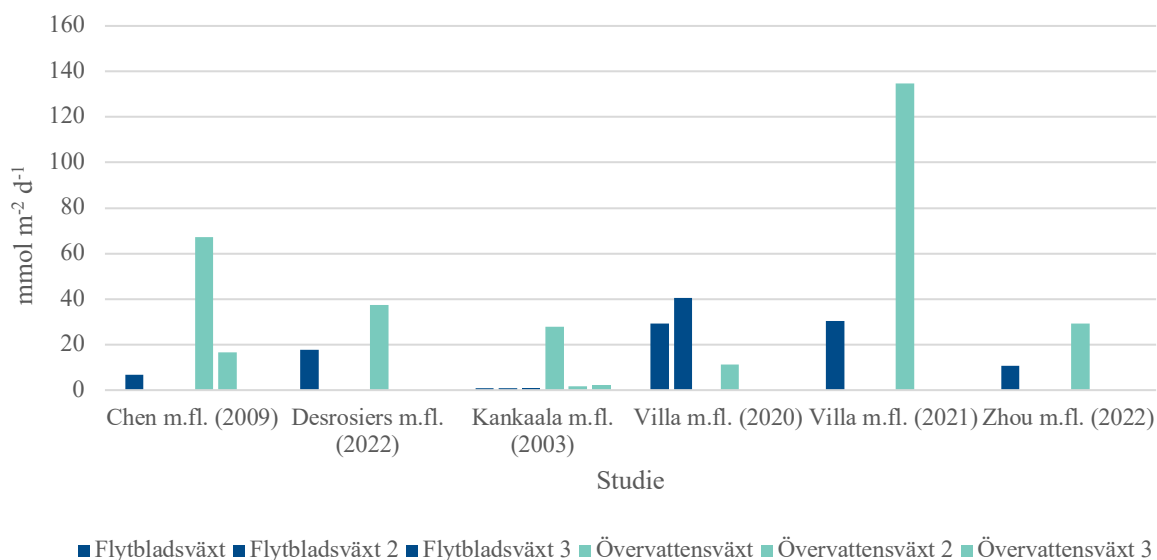
3.4. Variationer mellan växter

Flera av studierna undersökte ytterligare vegetationstyper utöver flytbladsväxter på samma platser. Dessa visar på att metanflödet varierar mellan olika arter och vegetationstyper (Chen, m.fl., 2009; Villa m.fl., 2020; Villa m.fl., 2021; Desrosiers m.fl., 2022; Kankaala, m.fl., 2003; Rey-Sanchez m.fl., 2017; Sebacher m.fl., 1985; Zhou m.fl., 2022). Emissionerna från övervattensarter var högre än de från flytbladsväxter i de studier där både övervattens- och flytbladsväxter mätts (Chen m.fl., 2009; Desrosiers m.fl., 2019; Kankaala, m.fl., 2003; Villa m.fl., 2021; Zhou m.fl., 2022) med undantag för en studie där utsläppen från *N. lutea* och *N.*

odorata var högre än för övervattensarten *Typha angustifolia* (Villa m.fl., 2020). Skillnaderna mellan de olika vegetationstyperna för de olika studierna redovisas i Figur 3 och Tabell 3.

Figur 3.

Enskilda studiers skillnader mellan övervatten- och flytbladsvegetationens medelmetanutsläpp, från de studier där mätningar gjorts och jämförbara värden kunnat tagits ut.



Kommentar: Värdena från Villa m.fl. (2020) och Villa m.fl. (2021) är medianvärden övriga är medelvärden. Kompletterande information hittas i Tabell 3.

Tabell 3.

Förklarande tabell till Figur 3. Redovisar värdena för de olika arterna från de olika studier med notering av mätningen.

Studie	Flytbladsart	CH4-utsläpp (mmol m-2 d-1)	Övervattensart	CH4-utsläpp (mmol m-2 d-1)	Notering
Chen m.fl. (2009)	<i>Polygonum amphibium</i>	6,88	<i>Glyceria maxima</i>	67,33	Medelvärde från juni till augusti (över två år), över vegetationsytan
			<i>Hippuris vulgaris</i>	16,61	
Desrosiers m.fl. (2022)	<i>Brasenia schreberi</i>	17,6	<i>Typha latifolia</i>	37,4	Medelvärde över maj till oktober (provtagning en gång i månaden), över vegetationsytan
Kankaala m.fl. (2003)	<i>Nuphar lutea</i>	0,96	<i>Phragmites australis</i>	27,84	Medelvärde över tre dagar i juli, över vegetationsytan
	<i>Sparganium gramineum</i>	0,96	<i>Equisetum fluviatile</i>	1,68	
	<i>Potamogeton natans</i>	0,48	<i>Schoenoplectus lacustris</i>	2,16	

Villa m.fl.(2020)	<i>Nelumbo lutea</i> <i>Nymphaea odorata</i>	29,38 40,61	<i>Typha angustifolia</i>	11,23	Medianvärde från mätningar mellan juni-augusti, växtmedierat
Villa m.fl. (2021)	<i>Nelumbo lutea</i> + <i>Nymphaea odorata</i>	30,24	<i>Typha angustifolia</i>	134,78	Medianvärde från två mätningar i september, endast ebullition & diffusion
Zhou m.fl. (2022)	<i>Trapa natans</i>	10,59	<i>Zizania latifolia</i>	29,15	Medelvärde för april till december, över vegetationsytan

Under ett av undersökningsåren i Old Womans Creek (USA) hade flytbladsväxten *Nelumbo lutea* högre utsläpp än de studerade övervattensarterna, *Typha spp.* och *Phragmites spp.* Under det andra året var förhållandet omvänt. Sammantaget stod övervattensväxterna för de största emissionerna (Rey-Sanchez m.fl., 2017). I en annan studie där flertalet arter undersöktes, fritt flytande, övervattens- och flytbladsväxter, observerades det största flödet från *N. odorata*. Mätningmetoden som utfördes för värdet var ej realistiskt vilket ledde till att ytterligare en mätning genomfördes med en annan metod. Då var i stället värdet från *T. latifolia* högst. Det uppmätta utsläppet från *N. odorata* var fortfarande högre än andra arter av övervattensväxter. I samma studie undersökte de även några av de olika gasutrymmena hos arterna. Mellan *N. odorata* och *T. latifolia* skilde sig luftutrymmena åt (Sebacher m.fl., 1985). Flera av studierna lyfter betydelsen av vegetationen och sammansättningen av olika arter för variationen i metanutsläpp (Chen m.fl., 2009; Kankaala m.fl., 2003; Villa m.fl., 2021). I studien från våtmarken i Australien återfanns ingen signifikant skillnad för växtförmedlade utsläpp över dag och natt. De förklarar det genom egenskaper hos arten, att stomata hålls konstant öppna både dag och natt för kontinuerligt gasflöde (Jeffrey m.fl., 2019).

3.5. Påverkande miljöfaktorer

Vilken parameter som beskriver metanflödena eller har någon korrelation till emissionerna varierade mellan studierna och de olika arterna. I en studie från Finland utförd på bland annat *N. lutea*, *P. natans* och *S. gramineum*, fanns för *S. gramineum* och *P. natans* ingen relation mellan metanutsläppen med någon av de mätta miljövariablerna (Kankaala m.fl., 2003). För *N. lutea* var emissionerna negativt korrelerade till vågexponering. Den procentuella täckningen av blad i vegetationsbestånden förklarade nästan lika mycket av variationen som vågexponering. Samtidigt fanns en signifikant negativ relation mellan bladtäckning och vågexponering, därför kan inverkan av de två variablerna inte skiljas från varandra. Då herbivorer var ett problem för *N. lutea* -beståndet valde de att undersöka om de skadade bladen förändrade metanutsläppen. Jämförelse mellan hela och ättna blad visade ingen statistisk skillnad. Vid sammanslagning av all vegetation förklarade biomassan över vattenytan 57 % av variationen i metanflödena (Kankaala m.fl., 2003). Betydelsen av biomassa för metanutsläppen uppmärksammas även i andra studier (Pierobon m.fl., 2010; Ribaudo m.fl., 2012; Sebacher m.fl., 1985). Solstrålning, temperaturer, organiskt material och vattennivå är de faktorer som framfördes av fler än en studie, med olika utfall i betydelse.

3.5.1. Temperatur

Fyra av studierna såg signifikant positiva korrelationer mellan temperaturen i vattnet och utsläppen av metan (Rey-Sanchez m.fl., 2017; Ribaudo m.fl., 2012; Zhou m.fl., 2022; Zhou m.fl., 2023). I en av dem var det även positivt kopplat till lufttemperaturen (Zhou m.fl., 2023). I studien på Kärret i Ohio där mätningar över en flytbladsvegeterad yta gjordes över två år förklarades metanutsläppen av olika temperaturer, beroende på tidsskala (Chu m.fl., 2014). Över långtidsperioder förklarades metanutsläppen av temperaturen i sedimentet, vid ökad jordtemperatur steg metanflödet. Denna temperatur hölls relativt konstant över längre perioder medan metanutsläppet varierade. Korttidsvariationen i metanemissionerna, främst under växtsäsong, förklarades i stället av lufttemperaturen (Chu m.fl., 2014).

3.5.2. Solstrålning

Solstrålning lyfts som en drivande faktor i metanutsläpp. Vid solstrålning ökar tryckventilering som är en ventilationsmekanism hos flera flytbladsväxter och bidrar till emissionerna (Sebacher m.fl., 1985). Solstrålning är även kopplad till dagslängd och säsonger, vilket lyfts i en studie på *T. natans* i Italien där utsläppen från vegetationen var högst under soltimmarna och lägst under natten (Bolpagni m.fl., 2006). I studien som fokuserade på upptag av metan från vattenkolumnen föreslås att relationen mellan metanemissioner och metanoxidation påverkas av ljus. Där utsläppen till atmosfären dominerar under dagen medan oxidationen hämmas av dagsljus. På natten är förhållandet omvänt (Fonseca m.fl., 2017). Studien från Finland fann inga tydliga samband mellan utsläppen och solstrålning (Kankaala m.fl., 2003).

3.5.3. Vattendjup

Negativa samband mellan CH₄ emissioner och vattendjup återfanns i två studier (Villa m.fl., 2021; Zhou m.fl., 2022), i en annan fann man även där ett samband mellan vattendjupet men att flödet snarare var korrelerat med en kombination av vattendjupet och egenskaper hos vegetationen (Chen m.fl., 2009). I en studie från våtmarksområdet Pantanal hade rotade växter som växte i vatten djupare än en meter lägre metanemissioner jämfört med arter i djup på minde än en meter. Även växter med bladskäft och rötter som är kortare än en meter hade högre utsläpp. De nämner dock att längden på bladskäft och rötter inte behöver vara relaterat till djupet de växer på. Sammantaget drogs slutsatsen att växtförmedlade utsläpp är relativt viktigare i grunda våtmarker där avståndet för gastransport är mindre än en meter (Hamilton m.fl., 2014). Inga signifikanta linjära samband mellan utsläpp och vattendjup återfanns också bland studierna (Zhou m.fl., 2023).

3.5.4. Organiskt material

Flertalet av studierna diskuterar växternas eventuella berikande med organiskt material och produkterna av fotosyntes som faktorer som bidrar till ökad metanproduktion och metanutsläpp på vegeterade platser (Bolpagni m.fl., 2006; Chen m.fl., 2009; Desrosiers m.fl., 2022; Ribaudo m.fl., 2012; Villa m.fl., 2021; Zhou m.fl., 2022; Zhou m.fl., 2023). Inget samband mellan organiskt material i sedimenten och metanutsläpp hittades i studien från Finland (Kankaala m.fl., 2003). Från en studie utförd på olika typer av vegetation i Kanada beskriver de att genom växthärledd organiskt material i vegeterade områden stimuleras lokal produktion av metan. De bekräftar detta genom mätningar av gaskoncentrationen nere i sedimentet vid *B. schreberi* ytan och den icke vegeterade ytan och fann högre koncentrationer

vid flytbladsväxterna (Desrosiers m.fl., 2022). Utöver detta gjordes inga mätningar eller statistiska tester kring organiskt material. Fler miljövariabler har mätts men redovisas inte i denna litteraturstudie.

4. Diskussion

4.1. Variation i utsläpp

I resultatet framkommer att metanemissionerna visar former av dygns- och säsongsmässiga variationer med högst utsläpp under sommarperioder. Variationen mellan dag och natt var inte lika tydlig men alla studier utförde inte mätningar under natten. Detta innebär att de temporala förutsättningarna har betydelse för fluktueringar i utsläppen. Att tillägga till detta är att resultatet även tyder på att utsläppen varierar mellan arter. De uppmätta medelvärdena från vegetationen varierade med stora skillnader mellan högsta och lägsta utsläpp. Utsläpp från hela vegetationsytan och från endast växtförmedlade utsläpp följde samma trend, med stora variationer mellan högsta och lägsta. Vid jämförelse med en annan kategori akvatiska växter, övervattenväxter, är utsläppet generellt sett mindre men undantag förekommer. Variationen i utsläpp förekommer därmed mellan olika arter samt mellan och inom olika vegetationskategorier. Totalt har 13 arter studerats i artiklarna, medan kategorin flytbladsväxter sammanlagt innehåller upp till hundra arter världen över. Dessutom är några av de undersökta arterna endast representerade av en undersökning. På grund av egenskaperna hos värdena samt för att inte ge en felaktig bild dras ingen slutsats kring omfattningen av utsläppen. I stället diskuteras betydelsen av vegetation och hur de kan bidra till metanbudgeten samt eventuella faktorer som kan påverka.

4.2. Flytbladsväxternas betydelse för metanutsläpp på dess vegetationsplats

Flytbladsväxterna bidrar med utsläpp av CH_4 till atmosfären genom direkta växtförmedlade flöden men också genom att påverka dynamiken mellan de olika emissionsvägarna. Detta illustreras i mätningar som inte endast undersökt flödet genom växterna. Studien utförd i Kanada lyfter detta genom att mäta flödet från olika vegeterade habitat. De såg olika fördelning av emissionsvägarna mellan olika habitat samt att den flytbladsvegeterade ytans utsläpp som endast var 4 % växtmedierad bidrog de med den högsta procentuella utsläppen från platsen (Desrosiers m.fl., 2022). Detta visar att den växtförmedlade transporten inte behöver vara viktigast, utan vegetationen i sig. Det lyfts också fram i studien där endast diffusion och ebullition mättes. Trots att flytbladsväxterna inte direkt transporterar metan så har vegetationsplatsen en påverkan på flödet och emissionsvägen (Villa m.fl., 2021). Vilket skiljer sig från utsläppen i risodlingarna där majoritet av emissionerna sker genom växterna (Nouchi m.fl., 1990). Flytbladsväxter kan därmed genom sin vegetation skapa olika miljöer som gynnar olika transportvägar.

I en mer omfattande litteraturstudie där metanemissioner för övervattens-, flytblads- och undervattensväxter sammanställdes fann de att medianmetanflödena från de olika växtkategorierna, sammanställt från olika studier, inte skilde sig statistiskt och beskriver att beträffande metanemissioner är ingen växtkategori mindre viktig (Bodmer m.fl., 2024). Resultatet i föreliggande studie visar på att flytbladsvegetationen generellt sätt bidrar med mer metan än de icke-vegeterade vattenytorna, att de utgör ett betydande bidrag till nettoutsläpp av CH_4 och fungerar som metankällor. Detta belyser vikten av flytbladsväxter, i och med att våtmarker och sjöar, två av de viktigaste akvatiska källorna till metan (Rosentreter m.fl., 2021), utgör allmänna vegetationsplatser för flytbladsarter (Große, 1996). När värden

viktas mot utbredningsarea blir utsläppen från flytbladsväxter allmänt högre och mer betydande (Dacey & Klug, 1979; Desrosiers m.fl., 2022; Jeffrey m.fl., 2019). Genom viktning blev till exempel de växtförmedlade utsläppen från en våtmark i Australien den viktigaste utsläppskällan (Jeffrey m.fl., 2019). Relationen mellan vegetationen och området är av den orsaken väsentlig. Att inte räkna med vegeterade platser skulle innebära en underestimering av totala CH₄ emissioner från platsen. Därför vore det relevant att relatera uppmätta utsläpp till arternas utbredning för att få en global förståelse för flytbladsväxternas bidrag till dess miljöutsläpp. Vilket även lyfts i en annan studie (Chu m.fl., 2014). Samt för att kunna relatera utsläppen av flytbladsväxter i deras miljö till exempelvis ris utsläpp i risodlingar.

4.3. Faktorer som påverkar observerade variationer

4.3.1. Skillnader mellan arter

De observerade variationerna i CH₄ mellan arter, platser och tid kan bero på flera faktorer. De två som belyses i denna sammanställning och därmed i de 18 studierna är skillnader mellan arter och miljöförhållanden. Varje akvatiskt växt har utvecklat en egen unik inre struktur för gastransporten mellan rötterna och atmosfären som påverkar gasutbytet i växten och hur mycket metan som frisätts (Sebacher m.fl. 1985). Genom att kategorin flytbladsväxter inkluderar olika arter från olika familjer medför även det genetiska variationer mellan arterna. Olika arter trivs även på olika platser (Lind m.fl., 2022). Alla dessa variabler bidrar till variation mellan arter inom kategorin flytbladsväxter.

4.3.2. Miljöfaktorer

Förutom skillnader mellan arter bidrar även olika miljöförhållanden till variation. De undersökta miljövariablerna var många och olika i studierna. Vissa faktorer undersöktes endast av enskilda studier och andra var mer vanligt förekommande. Framför allt var det fyra variabler som belystes av fler än en artikel: temperatur, solstrålning, vattendjup och organiskt material. Betydelsen av varje enskild faktor varierade dock mellan studierna. Vikten av vattendjup för metanemissioner är relativt enligt mellan studierna, utsläppen blir mindre vid djupare vatten (Hamilton m.fl., 2014; Villa m.fl., 2021; Zhou m.fl., 2022). Korrelationen med temperatur var enligt i att högre temperaturer medförde större CH₄-utsläpp men skilde sig i vilken temperatur som var betydande (Chu m.fl., 2014; Rey-Sanchez m.fl., 2017; Ribaud m.fl., 2012; Zhou m.fl., 2022; Zhou m.fl., 2023). Vatten-, jord- och lufttemperatur visade sig alla vara signifikanta i någon av studierna. Att vegetationen bidrar med organiskt material var något som belystes i flera av studierna som en förklaring till ökade metanutsläpp i vegeterade ytor. Det ökade metanutsläppet kan inte enbart förklaras av tillförsel med organiskt material då växterna dessutom kan bidra med ökad metanoxidation genom syresättning av rötterna (Bolpagni m.fl., 2006; Ribaud m.fl., 2012). Grasset m.fl. (2018) undersökte betydelsen av olika typer av organiskt material från växter utanför och inom det akvatiska systemet för att se hur det påverkar metanemissionerna. Organiskt material från flytbladsväxten *Nymphoides indica* ökade metanproduktionen jämfört med endast sediment. Vilket tyder på att organiskt material från växterna är en viktig faktor (Grasset m.fl., 2018). Diskussionerna i de inkluderade studierna utgick främst från information från andra studier och endast ett fåtal av studier gjorde någon form av mätning av organiskt material. För att se om sambandet finns mellan tillförsel av organiskt material från flytbladsväxter och metanutsläpp skulle det vara relevant att ytterligare undersöka detta i en och samma studie.

Både dygns- och säsongsvariationer förekommer i metanutsläpp från flytbladsväxter. Dessa temporala förutsättningar baseras på solens upp och nedgång. Att en koppling mellan solstrålning och metanutsläpp skulle finnas är inte förvånande. Temperaturen har också en koppling till dessa variabler. Temperatur och solstrålning har beskrivits driva trycksatt ventilering, vilken är den främsta ventilationsprocessen i flytbladsväxter och påverkar därmed det växtförmedlade utsläppet (Dacey, 1981; Grosse m.fl., 1991; Sebacher m.fl., 1985). Tyckventilering behöver nödvändigtvis inte vara en förutsättning för metanutsläpp, då det finns andra typer av ventilationsprocesser i arter som visats släppa ut CH₄ som exempelvis *Eleocharis interstincta* (Sebacher m.fl., 1985) och ris (Nouchi m.fl., 1990).

Att faktorer kan påverka varandra visas i studierna. I Studien från Finland visades att vågexponering inte kunde skiljas från bladtäckning (Kankaala m.fl., 2003). Från studien på *N. lutea* i Italien berodde säsongsvariationen främst på en kombination av temperaturen i vatten och respirationsprocesser i växten (Ribaudo m.fl., 2012). Det behöver därför inte vara en enskild faktor som påverkar uppvisade variationer i utsläpp utan en kombination av flera. Dessutom kan faktorerna påverka processer som relateras till olika komponenter i metanutsläppen. Det kan vara kopplat till växten, så som tillväxt i biomassa och växtens gasutbyte, det kan även påverka mekanismerna kring metanproduktion och oxidation eller en kombination av båda. Miljöförhållanden kan även kopplas till klimat, vilket i sin tur kan relateras till olika platser på jorden. De undersökta platserna är relativt få och miljöförhållandena kan skilja sig brett mellan länder vilket kan ge skäl att undersöka fler platser för att få en komplett bild och för att eventuellt se mönster i miljöförhållanden.

5. Huvudsakliga slutsatser

Utsläppen från flytbladsväxter visar både säsong- och dygnsmässiga variationer med högst utsläpp under sommarmånader. Dessutom uppvisas en variation mellan och inom växtkategorier. Flytbladsvegetationen har inflytande på dess växtplats utsläpp, där de utgör en källa till metan. Utsläppen från vegetationen är allmänt högre än från de öppna vattenytorna. Flytbladsväxterna bidrar med växtförmedlade emissioner, men påverkar också dynamiken mellan alla de olika transportvägarna. De växthärledda utsläppen behöver därför inte vara viktigast utan växtligheten i sig. Flytbladsvegetationen är betydande för de totala utsläppen från platsen och att inte räkna med vegeterade ytor leder till underestimeringar. Faktorerna som har en inverkan på de observerade variationerna mellan arter och tid är flera och kan vara kopplad till vegetationen, metanproducerande processer eller både och. De främsta påverkande parametrarna är skillnader mellan arter i dess fysiologi och miljöförhållanden så som vattendjup och temperatur. Faktorerna kan dessutom påverka varandra så som solstrålning kan påverka temperatur och förhållandet mellan dag och natt. De observerade fluktueringarna i utsläpp från växter behöver därför inte avgöras av en enda variabel utan en kombination av flera. Denna sammanställning motiverar till ytterligare forskning kring området då de undersöka arterna och platserna är få, samt för att få ännu bättre förståelse i vilken utsträckning dessa arter bidrar till metanbudgeten.

Referenser:

- Bastviken, D., Tranvik, L. J., Downing, J. A., Crill, P. M., & Enrich-Prast, A. (2011). Freshwater Methane Emissions Offset the Continental Carbon Sink. *Science*, 331(6013), 50. DOI: [10.1126/science.1196808](https://doi.org/10.1126/science.1196808)
- Berrang-Ford, L., Pearce, T., & Ford, J.D. (2015). Systematic review approaches for climate change adaptation research. *Reg Environ Change* 15, 755–769. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0708-7>
- Bodmer, P., Vroom, R. J. E., Stepina, T., del Giorgio, P. A., & Kosten, S. (2024). Methane dynamics in vegetated habitats in inland waters: quantification, regulation, and global significance. *Frontiers in Water*, 5, 1332968. <https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1332968>
- Bolpagni, R., Pierobon, E., Longhi, D., Nizzoli, D., Bartoli, B., Tomaselli, M., & Viaroli, P. (2007). Diurnal exchanges of CO₂ and CH₄ across the water-atmosphere interface in a water chestnut meadow (*Trapa natans* L.). *Aquatic Botany*, 87(1), 43-48. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.02.002>
- Borrel, G., Jézéquel, D., Biderre-Petit, C., Morel-Desrosiers, N., Morel, J-P., Peyret, P., Fonty, G., & Lehours, A-C. (2011). Production and consumption of methane in freshwater lake ecosystems. *Research in Microbiology*, 162(9), 832-847. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2011.06.004>
- Bridgman, S.D., Cadillo-Quiroz, H., Keller, J. K., & Zhuang, Q. (2013) Methane emissions from wetlands: biogeochemical, microbial, and modeling perspectives from local to global scales. *Global Change Biology*, 19, 1325-1346. <https://doi.org/10.1111/gcb.12131>
- Bryman, A. (2018). *Samhällsvetenskapliga metoder*. Liber
- Chen, H., Wu, N., Yao, S., Gao, Y., Zhu, D., Wang, Y., Xiong, W., & Yuan, X. (2009). High methane emissions from a littoral zone on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Atmospheric Environment*, 43(32), 4995-5000. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.07.001>
- Chu, M., Chen, J., Gottgens, J.F., Ouyang, Z., John, R., Czajkowski, K., & Becker, R. (2014). Net ecosystem methane and carbon dioxide exchanges in a Lake Erie coastal marsh and a nearby cropland. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. 119(5), 722-740. <https://doi.org/10.1002/2013JG002520>
- Collaboration for Environmental Evidence (CEE). (2022). *Critical appraisal of study validity*. Hämtad 2024-05-16. <https://environmentalevidence.org/information-for-authors/7-critical-appraisal-of-study-validity/>
- Dacey, J. W. H. (1981). Pressurized Ventilation in the Yellow Waterlily. *Ecology*, 62(5), 1137-1147. <https://doi.org/10.2307/1937277>
- Dacey, J. W. H., & Klug, M.J. (1979). Methane Efflux from Lake Sediments Through Water Lilies. *Science*, 203 (4386), 1253-1255. DOI: [10.1126/science.203.4386.1253](https://doi.org/10.1126/science.203.4386.1253)

- Dahlgren, S. Länsstyrelsen i Stocholms Län. (2001). *Inventering av vattenväxter: Kalkade sjöar och okalkade sjöar (U 03)*. Miljöövervakningsenheten.
https://www.lansstyrelsen.se/publikation?entry=_2001__9&context=39
- Desrosiers, K., DelSontro, T., & del Giorgio, P.A. (2022). Disproportionate Contribution of Vegetated Habitats to the CH₄ and CO₂ Budgets of a Boreal Lake. *Ecosystems*, 25, 1522-1541. <https://doi.org/10.1007/s10021-021-00730-9>
- Fonseca, A. L. d. S., Marinho, C. C., & Esteves, F. d. A. (2017). Floating Aquatic Macrophytes Decrease the Methane Concentration in the Water Column of a Tropical Coastal Lagoon: Implications for Methane Oxidation and Emission. *Brazilian archives of biology and technology*, 60, 160381. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2017160381>
- Grasset, C., Mendonça, R., Villamor Saucedo, G., Bastviken, D., Roland, F., & Sobek, S. (2018). Large but variable methane production in anoxic freshwater sediment upon addition of allochthonous and autochthonous organic matter. *Limnology and Oceanography*, 63, 1488-1501. <https://doi.org/10.1002/lno.10786>
- Grosse, W., Büchel, H. B., & Tiebel, H. (1991). Pressurized ventilation in wetland plants. *Aquatic Botany*, 39(1-2), 89-98. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(91\)90024-Y](https://doi.org/10.1016/0304-3770(91)90024-Y)
- Große, W. (1996). Pressurised ventilation in floating-leaved aquatic macrophytes. *Aquatic botany*, 54, 137-150. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(96\)01041-8](https://doi.org/10.1016/0304-3770(96)01041-8)
- Hamilton, S. K., Sippel, S. J., Chanton, J. P., & Melack, J. M. (2014). Plant-mediated transport and isotopic composition of methane from shallow tropical wetlands. *Inland Waters*, 4 (4), 369-376. <https://doi.org/10.5268/IW-4.4.734>
- Hummel, M., & Kiviat, E. (2004). Review of World Literature on Water Chestnut with Implications for Management in North America. *Journal of Aquatic Plant Management*, 42(1), 17-27. <https://aquadocs.org/handle/1834/19526>
- Jeffrey, L. C., Maher, D. T., Johnston, S.G., Kelaher, B.P., Steven, A., & Tait, D. R. (2019). Wetland methane emissions dominated by plant-mediated fluxes: Contrasting emission pathways and seasons within a shallow freshwater subtropical wetland. *Limnology and Oceanography*, 64(5), 1895-1912. <https://doi.org/10.1002/lno.11158>
- Kankaala, P., Mäkelä, S., Bergström, I., Huitu, E., Käki, T., Ojala, A., Rantakari, M., Kortelainen, P., & Arvola, L. (2003). Midsummer spatial variation in methane efflux from stands of littoral vegetation in boreal meso-eutrophic lake. *Freshwater Biology*, 46(9), 1617-1629. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01113.x>
- Lind, L., Eckstein, R. L., & Relyea, R. A. (2022). Direct and indirect effects of climate change on distribution and community composition of macrophytes in lentic systems. *Biological Reviews*, 97(4), 1677-1690. <https://doi.org/10.1111/brv.12858>

- Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglestedt, J., Huang, J., Koch, D., Lamarque, J.-F., Lee, D., Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A., Stephens, G., Takemura, T., & Zhang, H. (2013). Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. *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., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P. M. (red.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Storbritannien & New York, NY, USA.
- Nisbet, E. G., Dlugokencky, E. J., & Bousquet, P. (2014). Methane on the Rise – Again. *Science*, *343* (6170), 493-495. [DOI: 10.1126/science.124782](https://doi.org/10.1126/science.124782)
- Nouchi, I., Mariko, S., & Aoki, K. (1990). Mechanism of Methane Transport from the Rhizosphere to the Atmosphere through Rice Plants. *Plant Physiology*, *94*(1), 59-66. <https://doi.org/10.1104/pp.94.1.59>
- Palmatier, R. W., Houston, M.B., & Hullah, J. (2018). Review articles: purpose, process, and structure. *J. of the Acad. Mark. Sci.* *46*, 1–5. <https://doi.org/10.1007/s11747-017-0563-4>
- Pierobon, E., Bolpagni, R., Bartoli, M., & Viaroli, P. (2010). Net primary production and seasonal CO₂ and CH₄ fluxes in a *Trapa natans* L. meadow. *Journal of Limnology*, *69*(2), 225-234. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2010.225>
- Rey-Sanchez, A. C., Morin, T. H., Stefanik, K.C., Wrighton, K., & Bohrer, G. (2017). Determining total emissions and environmental drivers of methane flux in a Lake Erie estuarine marsh. *Ecological Engineering*, *114*, 7-15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.042>
- Ribaudó, C., Bartoli, M., Longhi, D., Castaldi, S., Neubauer, S. C., & Viaroli, P. (2012). CO₂ and CH₄ fluxes across a *Nuphar lutea* (L.) Sm. Stand. *Journal of Limnology*, *71*(1), 200-210. <https://doi.org/10.4081/mnol.2012.e21>
- Riya, S., Sun, H., Furuhashi, H., Shimamura, M., Nasu, H., Imano, R., Zhou, S., & Hosomi, M. (2020). Role of leaves in methane emission from sacred lotus (*nelumbo nucifera*). *Aquatic Botany*, *163*, 103203. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2020.103203>
- Rosentreter, J. A., Borges, A. V., Deemer, B. R., Holgerson, M. A., Liu, S., Song, C., Melack, J., Raymond, P. A., Duarte, C. M., Allen, G. H., Olefeldt, D., Poulter, B., Battin, T. B., & Eyre, B. D. (2021). *Nature Geoscience*, *14*, 225-230. <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00715-2>
- Rowland, F. (2002). The peer-review process. *Learned Publishing*, *15*, 247-258. <https://doi.org/10.1087/095315102760319206>
- Ruppel, C. D., & Kessler, J.D. (2017). The interaction of climate change and methane hydrates. *Reviews of Geophysics*, *55*, 126-168. <https://doi.org/10.1002/2016RG000534>
- Schuyler, A. E. (1984). Classification of Life Forms and Growth Forms of Aquatic Macrophytes. *Bartonia*, *50*, 8-11. <http://www.jstor.org/stable/41609886>

Sebacher, D.I., Harriss, R.C., & Bartlett, K. B. (1985). Methane Emissions to the Atmosphere Through Aquatic Plants. *Journal of Environmental Quality*, 14(1), 40-46.

<https://doi.org/10.2134/jeq1985.00472425001400010008x>

Villa, J. A., Ju, Y., Stephen, T., Rey-Sanchez, C., Wrighton, K., & Bohrer, G. (2020). Plant-mediated methane transport in emergent and floating-leaved species of a temperate freshwater mineral-soil wetland. *Limnology and Oceanography*, 65(7), 1635-1650.

<https://doi.org/10.1002/lno.11467>

Villa, J. A., Ju, Y., Yazbeck, T., Waldo, S., Wrighton, K.C., & Bohrer, G. (2021). Ebullition dominates methane fluxes from the water surface across different ecohydrological patches in a temperate freshwater marsh at the end of the growing season. *Science of the Total Environment*, 767, 144498.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144498>

Vroom, R. J. E., van den Berg, M., Pangala, S.R., van der Scheer, O. E., & Sorell, B.K. (2022). Physiological processes affecting methane transport by wetland vegetation – A review. *Aquatic Botany*, 182, 103547.

<https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2022.103547>

Wuebbles, D. J., & Hayhoe, K. (2002). Atmospheric methane and global change. *Earth-Science Reviews*, 57, 177-210.

[https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(01\)00062-9](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(01)00062-9)

Yang, L., Zhang, Y., Lu, L., Huang, F., Peng, J., Kappler, A., & Li, S. (2024). Floating macrophyte phyllosphere as a habitat for methanogens. *Environmental Chemistry Letters*, 22, 63-70.

<https://doi.org/10.1007/s10311-023-01653-8>

Zhou, W., Xiang, S., Shi, Y., Xu, X., Lu, H., Ou, W., & Yang, J. (2022). Invasive Water Hyacinth (*Eichhornia cradipes*) Increases Methane Emissions from a Subtropical Lake in the Yangtze River in China. *Diversity*, 14(12), 1036.

<https://doi.org/10.3390/d14121036>

Zhou, W., Yuan, X., He, L., Shi, Y., Xu, X., Ou, W., Xiang, S., Yang, J., & Fu, T. (2023). Effects of Lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) on the Methane Emission in Littoral Zones of a Subtropical Lake, China. *Applied sciences*, 13(20), 11330.

<https://doi.org/10.3390/app132011330>