



# Rådgivningsverktyg våtmarker - Optimerad placering och storlek för fosforretention

Pia Geranmayeh, Hampus Markensten och Faruk Djodjic

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Institutionen för vatten och miljö  
2024:7



Europeiska jordbruksfonden för  
landsbygdsutveckling: Europa  
investerar i landsbygdsområden

# Rådgivningsverktyg våtmarker. Optimerad placering och storlek för fosforretention.

Pia Geranmayeh, <https://orcid.org/2005-2005-2005-2005>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö,

Hampus Markensten, <https://orcid.org/2005-2005-2005-2005>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö

Faruk Djodjic, <https://orcid.org/2005-2005-2005-2005>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö,

Detta verk är licenserat under CC BY NC ND 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

<b>Utgivare:</b>	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö
<b>Utgivningsår:</b>	(2024)
<b>Utgivningsort:</b>	(Uppsala)
<b>Upphovsrätt:</b>	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
<b>Serietitel:</b>	Rapport 2024:7 / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö
<b>Nyckelord:</b>	våtmark, fosforretention, jordbruksmark, hydraulisk belastning

© 2024 (Pia Geranmayeh, Hampus Markensten och Faruk Djodjic)

Detta verk är licenserat under CC BY NC ND 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

## Sammanfattning

Detta projekt har haft som syfte att ta fram kunskap för att öka fosforretentionen i våtmarker och fosfordammar och därmed minska belastningen av fosfor till våra vatten. För att kunna göra detta samlades uppmätt fosforretention in från 16 våtmarker som haft högfrekvent provtagning under 1-13 år. Retentionen relaterades därefter till fosforbelastningen och den hydrauliska belastningen. Till slut användes mätningar från 12 våtmarker, då resterande fyra våtmarker exkluderades på grund av att inte hela vattenflödet leds in i våtmarken eller för att retention och belastning var extremvärden som påverkade relationerna för mycket. Resultaten visade att fosforretentionen varierar kraftigt mellan våtmarker och under olika år. Samma fosfordamm hade den lägsta retentionen första året för att 7 år senare vara nästan mest. När årsvariationen är så stor, blir det svårt att jämföra våtmarker som undersökts under olika år och under olika ålder. De flesta mätningarna har utförts när våtmarkerna var relativt nyanlagda, men för att kunna få en bättre uppskattning på långsiktig fosforretention, våtmarkers skötselbehov och optimal hydraulisk belastning behövs långsiktiga mätningar i alla dessa våtmarker samtidigt. Fosforretentionen, baserat på årsmedel för de 12 våtmarkerna, ökade med högre fosforbelastning. Den erhållna ekvationen användes för att uppskatta potentiell retention i det framtagna kartunderlaget med modellerad fosforbelastning. Kartunderlaget visar även rekommenderad våtmarksstorlek baserat på modellerad flödesackumulering och en optimal hydraulisk belastning på 100 m per år.

*Nyckelord:* våtmark, fosforretention, jordbruk, hydraulisk belastning

## Abstract

The aim of this project has been to increase knowledge regarding phosphorus (P) retention in wetlands and thereby improve reduction of the load of P to our waters. To be able to do this, measured P retention was collected from 16 wetlands that had high-frequency sampling for 1-13 years. The retention was related to the hydraulic and P load. Only measurements from 12 wetlands were used, as the other four were excluded due to that the entire water flow was not led into the wetland, or because retention and load were outliers that affected the relationships too much. The results showed that phosphorus retention varied greatly between wetlands and different years. The same wetland had the lowest retention in the first year and 7 years later had amongst the highest retention. With such large annual variation, it becomes difficult to compare wetlands that have been studied in different years and at different ages. Most of the measurements have been carried out when the wetlands were relatively new. In order to get a better estimate of long-term P retention, wetland management needs and optimal hydraulic load, long-term measurements are needed at the same time in all these wetlands. Phosphorus retention, based on annual average for the 12 wetlands, increased with higher P load. The obtained equation was used to estimate potential P retention, based on the developed maps with modelled P load. Another map was created to estimate the recommended wetland size based on modelled flow accumulation and an optimal hydraulic load of 100 m per year.

*Keywords:* wetlands, phosphorus retention, agriculture, hydraulic load



# Förord

Denna rapport presenterar vad som har gjorts inom projektet ”Rådgivningsverktyg för optimerad placering och storlek av våtmarker för långsiktig fosforretention”. Projektet finansierades delvis av Jordbruksverket genom landsbygdsprogrammet 2014–2020 inom åtgärden 16.2 stöd till utveckling inom jordbruk, livsmedel, och skog samt pilotprojekt. Stödet omfattas av fokusområde 4 b, miljö i jordbruket. Medfinansiering har även erhållits från Östersjöstiftelsen BalticSea 2020.

Projektets syfte var att ta fram kartunderlag för att optimera placeringen av fosforåtgärder som våtmarker och tvåstegsdiken. Projektet bestod av tre delar i) data insamling av tillförlitlig våtmarksdata, ii) analys av faktorer som påverkar fosforretentionen i våtmarker och framtagning av ekvationer samt iii) modellera GIS-kartlager som illustrerar potentiell fosforretention i vid olika platser där framtida våtmarker kan anläggas.

# Innehållsförteckning

<b>Rådgivningsverktyg våtmarker. Optimerad placering och storlek för fosforretention.....</b>	<b>2</b>
<b>Förord .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Projektets syfte och mål.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Metod.....</b>	<b>9</b>
2.1 Insamling av våtmarksdata .....	9
2.2 Framtagning av kartunderlag .....	10
<b>3. Resultat .....</b>	<b>12</b>
3.1 Fosforretention våtmarker .....	12
3.2 Våtmarksstorlek .....	14
3.3 Skötselbehov.....	16
3.4 Kartunderlag för optimering av fosforretentionen .....	17
<b>4. Diskussion .....</b>	<b>20</b>
<b>Faktaruta om vatten .....</b>	<b>Fel! Bokmärket är inte definierat.</b>
<b>5. Slutsatser.....</b>	<b>22</b>
<b>Referenser.....</b>	<b>23</b>
<b>Bilaga 1.....</b>	<b>Fel! Bokmärket är inte definierat.</b>

# 1. Projektets syfte och mål

Våtmarker har anlagts med statliga medel sedan 1990-talet i syfte att minska näringsförluster från jordbruksmark till vattendrag, sjöar och hav. Utvärderingar har dock visat att många våtmarker inte är bra placerade eller utformade för hög näringsretention (Brandt et al. 2009; Djodjic et al. 2022). Därför syftade detta projekt till att ta fram underlag för att öka den fosforrenande förmågan i våtmarker och fosfordammar och därmed öka effektiviteten i åtgärderna så att fosforbelastningen till våra vatten kan minska. Därför ämnade projektet att utveckla ett rådgivningsverktyg för att optimera placering och utformning av våtmarker för en ökad långsiktig fosforretention. Målen var att identifiera, visualisera och kommunicera utformnings- och placeringsfaktorer som ökar retentionen av fosfor i våtmarker och dammar. Detta genom att:

- i. Ta fram vetenskapligt underlag för att vidareutveckla optimerad placering och storlek av våtmarker och dammar.
- ii. Ta fram samband och ekvationer som kan användas vid GIS-beräkningar.
- iii. Ta fram kartunderlag för hela Sverige med förslag på optimerad storlek och placering av våtmarker för hög fosforretention.



## 2. Metod

### 2.1 Insamling av våtmarksdata

I detta projekt har befintlig data på uppskattad hydraulisk belastning, fosforbelastning och fosforretention i våtmarker och fosfordammar samlats in från projektledarens forskningsprojekt samt litteratur. Data har insamlats enbart för de våtmarker som haft högfrekventa mätningar med automatisk tidsstyrd eller flödesproportionell provtagning i ett eller flera år (tabell 1), eftersom endast sådana mätningar ger en pålitlig uppskattning av in- och utflödande halter (Kyllmar 2009). Totalt samlades data in för 16 våtmarker: 2 fosfordammar (Geranmayeh et al. Manuskript 1) och en våtmark (Johannesson et al. 2011) i Södermanland, 3 våtmarker i Halland (Weisner et al 2015), 3 våtmarker (Wedding 2004) och en fosfordamm (Wedding 2017) i Skåne samt 6 våtmarker i Kalmar (Nilsson et al. 2020). Tre av våtmarker i Kalmar (Hanåsa, Grisbäcken och Hossmo) exkluderades antingen då de endast mottagit okända delar av flödet från uppströms område eller haft ytterligare tillflöden från sidorna, vilket gjorde det omöjligt att tillförlitligt uppskatta belastning av varken flöde eller näring. Data från de våtmarker som provtagits med manuell momentan stick-provtagning har inte samlats in. Däremot utvärderades ett 60-tal våtmarker och fosfordammar i Mälardalen och Halland där fosforackumulation från sedimentprovtagning uppmätts (Geranmayeh et al. Manuskript 2).

Antal år som våtmarkernas fosforrenande förmåga följts upp har varierat från ett till 13 år (Tabell 1). Oftast startade mätningarna något år efter våtmarkerna anlagts, med undantag från Lilla Böslid, Påboda och Resmo våtmarker som var 6, 10 respektive 13 år. Mätningarna har genomförts i olika lokala satsningar som LOVA-projekt eller genom kortsiktiga forskningsprojekt. De tidigaste mätningarna började

på redan på 1990-talet, men det har endast varit en handfull våtmarker som följts upp samtidigt.

Våtmark	Mätning (år)	Ålder (år)	Prov	Län	Referens
Bergaholm	13	1-13	FS	AB	Geranmayeh et al. in prep.
Nybble	12	1-12	FS	D	Geranmayeh et al. in prep.
Stene	4	2-5	FS	D	Johannesson et al. 2011
Brandstad	1	1	FS	M	Wedding et al. 2017
Råbytorp	10	1-10	TS	M	Wedding 2004
Slogstorp	6	1-6	TS	M	Wedding 2004
Genarp	4	1-4	TS	M	Wedding 2004
Bölarp	1,5	2-3*	FS	N	Weisner et al. 2015
Lilla Böslid	2	13-14*	FS	N	Weisner et al. 2015
Edenberga	3	3-6*	FS	N	Weisner et al. 2015
Resmo	3	6-8	FS	H	Nilsson et al. 2020
Påboda	3	10-12	FS	H	Nilsson et al. 2020
Häckenstad	1	3	FS	H	Nilsson et al. 2020
Hanåsa	3	9-11	FS	H	Nilsson et al. 2020
Grisbäck	3	6-8	FS	H	Nilsson et al. 2020
Hossmo	3	9-11	FS	H	Nilsson et al. 2020

*Table 1. Svenska våtmarker och fosfordammar med högfrekvent automatisk provtagning, antingen flödestyrt (FS) eller tidsstyrt (TS), mätperiodens längd och vilken ålder efter våtmarksanläggningen som mätningarna pågick. \*Endast erhållit medelvärden för mätperioden och inte för de enskilda åren. Regional spridning visas med länsbokstäverna (AB: Stockholm, D:Sörmland, M:Skåne, N:Halland och H:Kalmar).*

## 2.2 Framtagning av kartunderlag

Högupplösta höjddata (2x2 m) har används tillsammans med data över sjöar och vattendrag från hydrografi i nätverk (Lantmäteriet) för att skapa en ny digital höjdmodell med upplösningen på 10x10m. Denna höjdmodell användes för att ta fram avrinningsområden och uppskatta flödesackumulering i GIS till specifika punkter i landskapet (Djodjic et al. 2020). Genom att dividera den modellerade

årsvattenföringen ( $\text{m}^3 \text{år}^{-1}$ ) med den optimala hydrauliska belastningen ( $100 \text{ m år}^{-1}$ ), erhöles rekommenderad vattenyta för en potentiell våtmark vid respektive punkt. Årsmedelavrinning beräknad med S-HYPE modell (Hansson et al, 2016) för varje delavrinningsområde användes sedan för att beräkna fosforbelastningen genom att multiplicera med typkoncentrationer erhållna baserat på jordart, klimat, marklutning, gröda etc (Johnsson et al. 2016). Fosforbelastningen ( $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) användes i sin tur för att uppskatta den potentiella fosforretentionen ( $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) med den nya fosforekvationen erhållen i detta projekt:

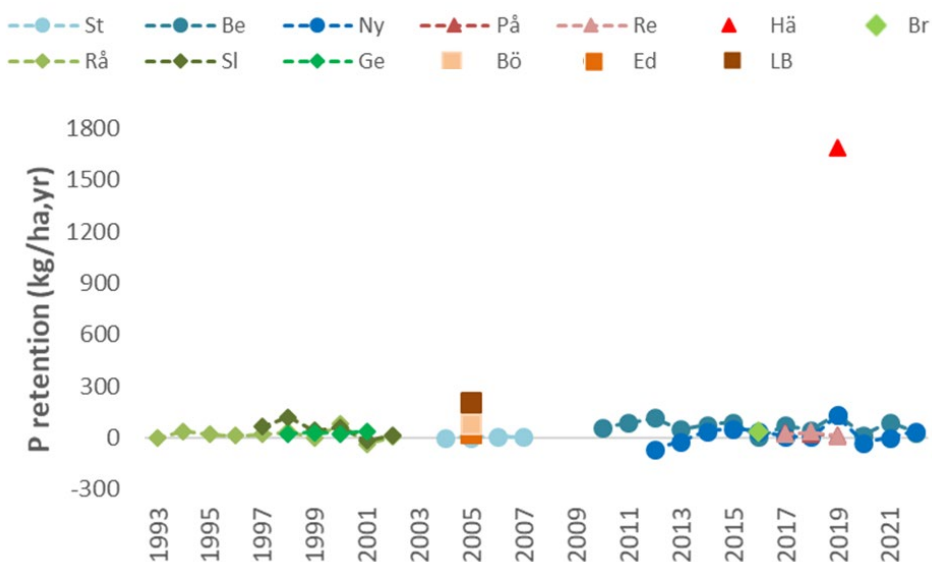
$$P \text{ retention} = 33,7 \ln(P \text{ belastning}) - 119,7$$

För att inte negativ retention ska uppskattas vid låga belastningar har fosforretentionen uppskattats till  $0,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$  om fosforbelastningen varit  $<35,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ . Eftersom ovan ekvation innebär att fosforretentionen fortsätter öka vid ökad fosforbelastning oavsett hur stor vattenmängd våtmarken mottar, infördes en maxgräns för retention, även i de fall när modellerade fosforbelastning är högre. Maximal uppmätt fosforbelastning nådde  $817 \text{ kg P ha}^{-1} \text{år}^{-1}$  (Lilla Böslid), vilket ger en retention på  $106 \text{ kg P ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ , detta retentionsvärde användes som maxgräns. Detta baserat på att det finns en gräns i hydraulisk belastning, då våtmarkerna blir för små för att kunna sänka vattenhastigheten tillräckligt för att fosfor ska hinna sedimentera (se nedan).

## 3. Resultat

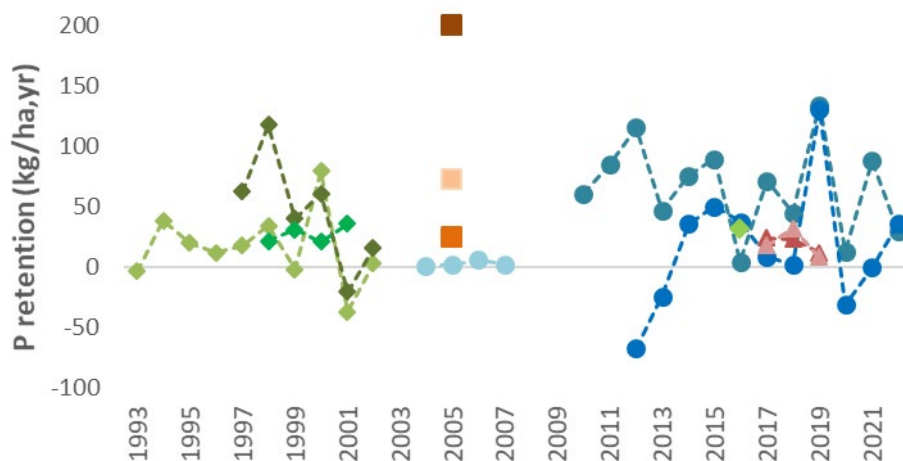
### 3.1 Fosforretention våtmarker

Resultaten visar att fosforretentionen varierar kraftigt mellan våtmarker och under olika år (Figur 1). Fosforretentionen ( $1688 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ ) i den lilla fosfordammen Häckenstad är över åtta gånger högre än i Lilla Böslid som har näst högst årsmedelretention av fosfor (ca  $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ ). Häckenstads extremvärde (outlier gällande hydraulisk belastning och fosforrening) styrde resultaten för mycket, därför exkluderades fosfordammen från nedan analys.



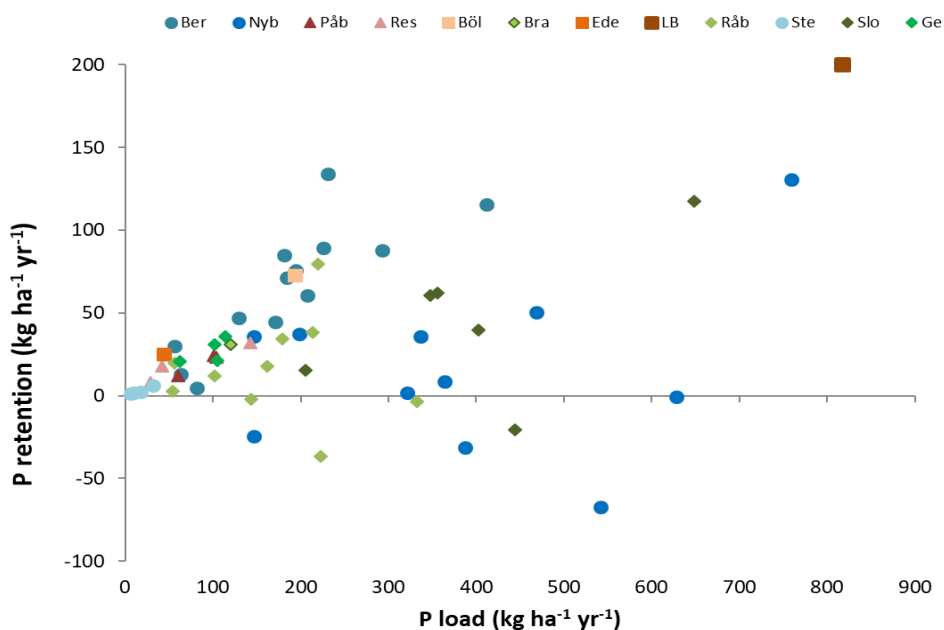
Figur 1. Fosforretention ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ ) under de olika åren i de 13 våtmarker som inkluderades i denna studie. Häckenstad fosfordamm exkluderades sedan på grund av det extrema värdet (outlier). För våtmarkerna i Halland har endast årsmedelvärden erhållits och inte enskilda årsvärden.

Mellanårsvariationen inom samma våtmark varierade också kraftigt (Figur 2). Det är samma fosfordamm (Nybble) som uppvisar det största släppet av fosfor första året ( $-67 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ ) och sedan renar bland de högsta 7 år senare. Så stor årsvariation visar tydligt att det blir svårt att jämföra våtmarker som undersökts under olika år och efter olika tid från anläggning. Därför behövs det långsiktiga mätningar från anläggning, under mognad och efter skötsel.

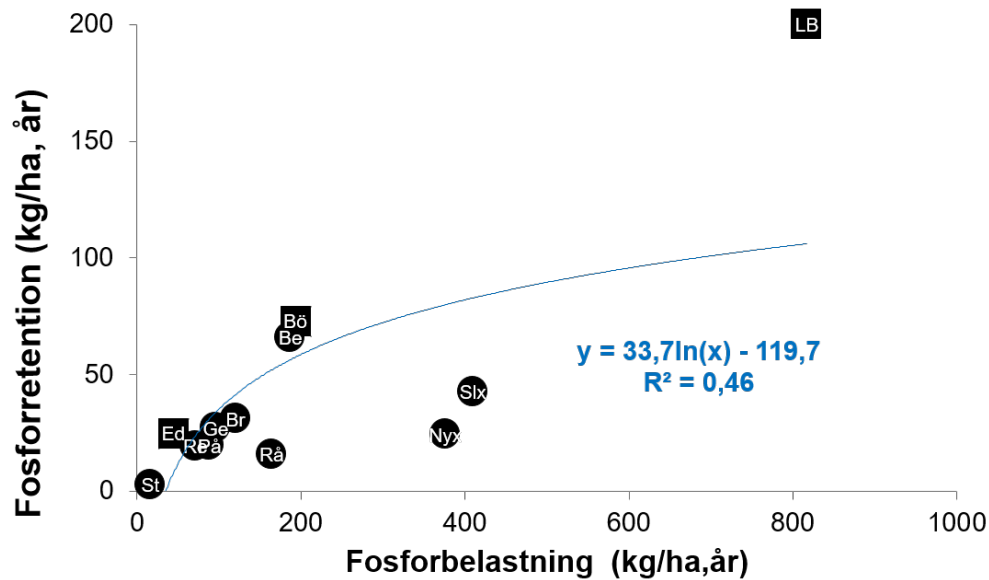


Figur 2. Fosforretention ( $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) under de olika åren i de 12 våtmarker som inkluderades i dataanalysen, efter att Häckenstad fosfordamm exkluderats som outlier. För våtmarkerna i Halland har endast årsmedelvärden erhållits och inte enskilda årsvärden.

När enskilda årsvärden relaterats till fosforbelastningen fås inget signifikant samband (figur 3), men när årsmedelvärden använts fås en signifikant relation ( $R^2=0.46$ ) där fosforretention ökar med en ökad fosforbelastning (figur 4).



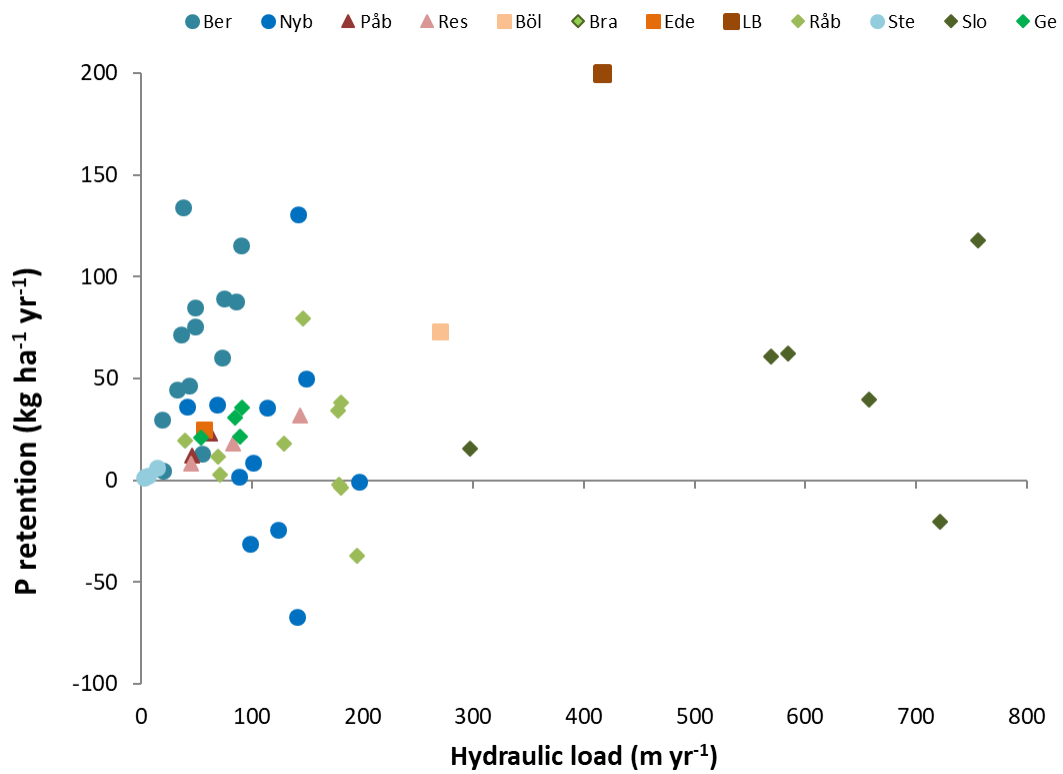
Figur 3. Specifika årsvärden för fosforretention ( $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) och fosforbelastning under de olika åren i de 12 våtmarker som inkluderades i denna studie (Häckenstad exkluderades på grund av det extrema värdet). För våtmarkerna i Halland har endast årsmedelvärden erhållits och inte enskilda årsvärden.



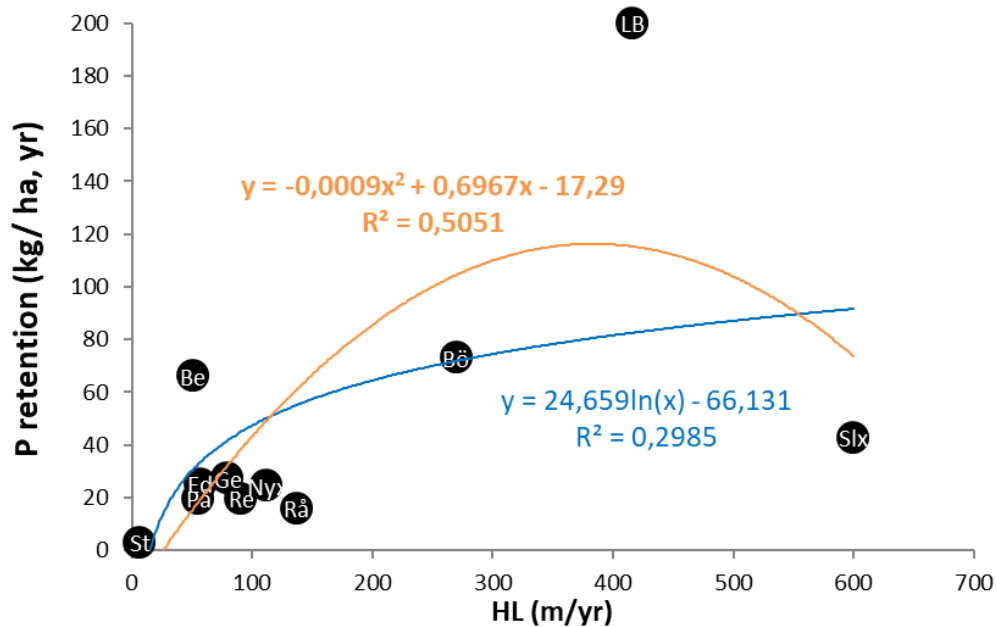
Figur 4. Årsmedelretention av fosfor ( $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) som en funktion av fosforbelastningen ( $p$ ). Antal våtmarker  $n=12$ , då Häckenstad exkluderades på grund av det extrema värdet. Även det första året i Nybble exkluderades som var extremt med dikesrensning.

### 3.2 Våtmarksstorlek

Vattenvolymen som våtmarker mottar styr både fosforbelastningen och hur stor våtmarken bör vara. Enligt årsvärden verkar det bli mer negativ retention när den hydrauliska belastningen överstiger  $100 \text{ m år}^{-1}$  (figur 5). Dessutom börjar *ln-ekvationen* baserat på medelårsvärden plana ut vid  $100 \text{ m år}^{-1}$  (figur 6). För att säkra upp en minimnivå som är optimerad för fosforretention rekommenderas våtmarker och fosfordammar inte motta en högre hydraulisk belastning än  $100 \text{ m år}^{-1}$ . Dataunderlaget är bristfälligt, speciellt vid högre hydraulisk belastning. Därför behövs det långsiktiga mätningar i alla dessa våtmarker för att kunna ge specifika rekommendationer om storlek vid olika jordar och klimat.



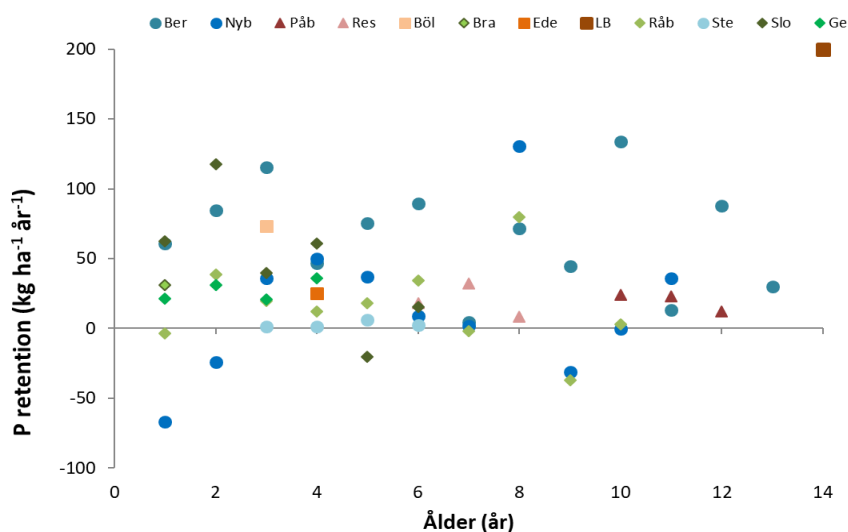
Figur 5. Årsvärden för fosforretention ( $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) och den hydrauliska belastningen ( $\text{m år}^{-1}$ ) för de 12 våtmarkerna (Häckenstad exkluderat).



Figur 6. Årsmedelvärden för fosforretention ( $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) och den hydrauliska belastningen ( $\text{m år}^{-1}$ ) för de 12 våtmarkerna (Häckenstad exkluderat).

### 3.3 Skötselbehov

Initialt vid anläggning av våtmarker kan uttransporten av fosfor förväntas öka till följd av erosion från kanter och botten innan vegetation etablerats, speciellt om den hydrauliska belastningen var hög det året. I två av våtmarkerna (Råb & Nyb Figur 7) var retentionen negativ det första året efter anläggning. I Nybble fosfordammensades dessutom uppströms vägdike det första året, vilket orsakade extra hög belastning av partiklar som ackumulerades vid inloppet och skapade erosionsproblem under en längre tid därefter. Därför tömdes den inledande djupdelen på sediment redan efter fem år. Även Råbytorp erhöll hög belastning vid rensning av ett vägdike år 8 som resulterade i fosforsläpp följande år när den hydrauliska belastningen var som högst. Slogstorp våtmark uppvisade inget fosforsläpp direkt efter anläggningen, men vid fem års ålder. Året därefter genomgick våtmarken i Slogstorp en omfattande rensning och viss utvidgning av ytan, detta år var retentionen positiv igen. Då provtagningen slutade efter det, går det inte att fastställa om retentionen berodde på det låga flödet eller skötseln. För att kunna utvärdera skötselbehov och skötseffekt behöver mätningar pågå under hela våtmarkens livstid, från anläggning, mognad, skötsel och efter skötsel.

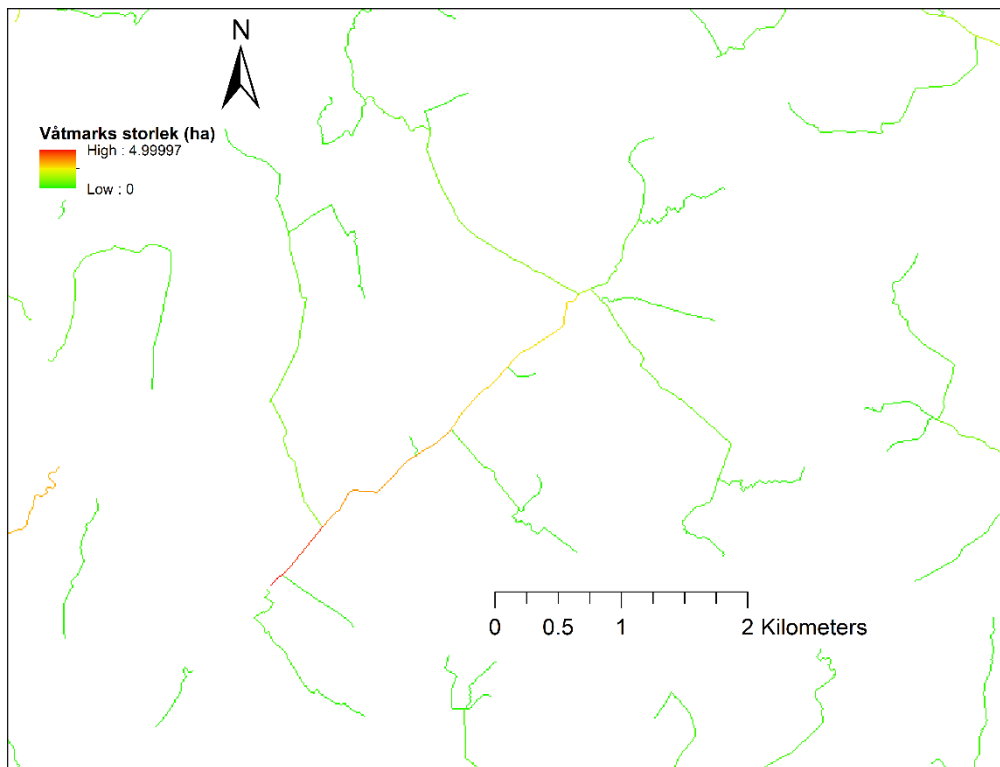


Figur 7. Variationen i fosforretention ( $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) vid våtmarkernas ålder då mätningen skedde. För de tre våtmarkerna i Halland (Ede, LB och Böi) visas endast medelretentionen för tre år.

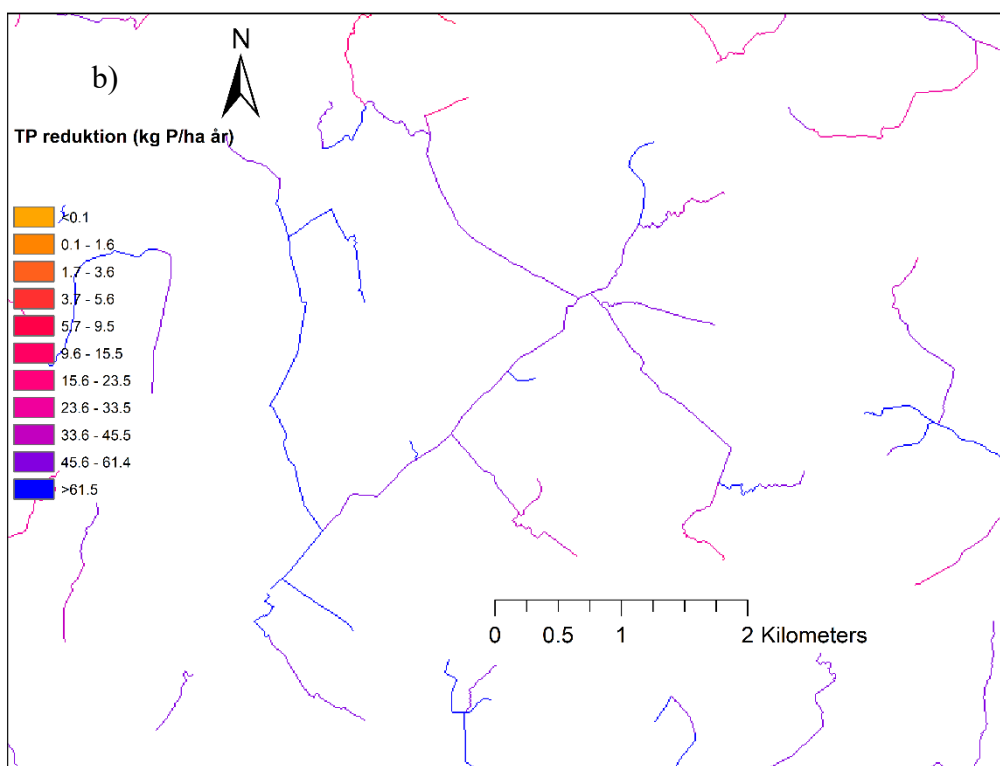
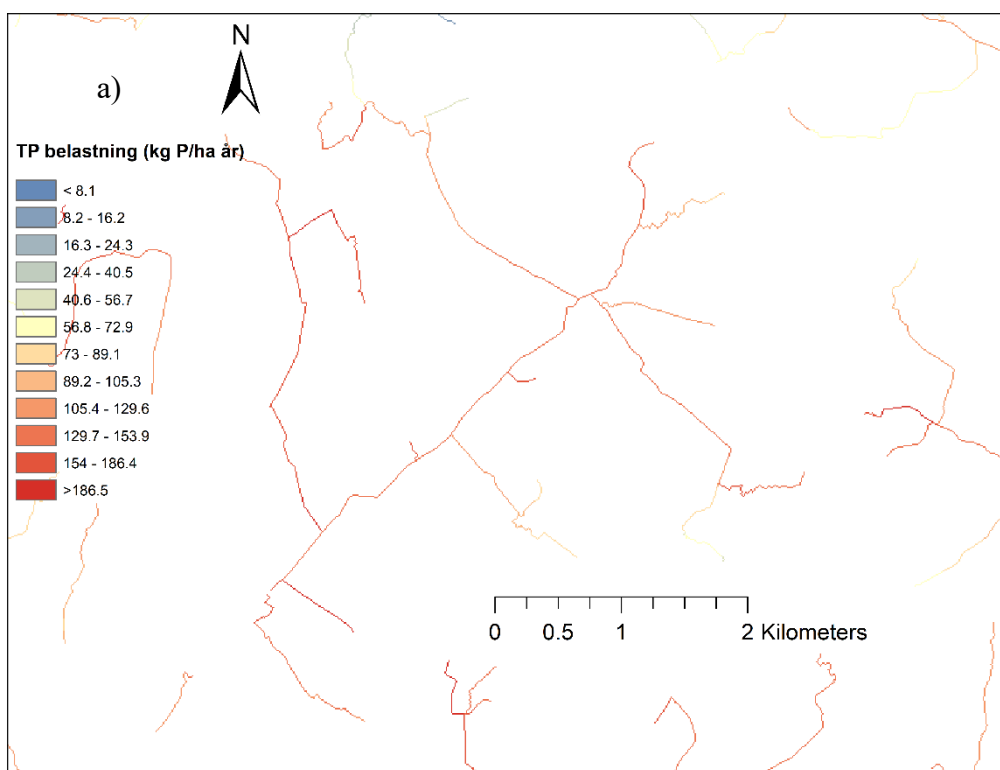


### 3.4 Kartunderlag för optimering av fosforretentionen

Projektet har producerat tre olika kartskikt i GIS som täcker hela Sverige. Den första rasterfilen visar rekommenderad storlek på vattenytan (figur 8), som baseras på att våtmarkerna har en optimal hydraulisk belastning på  $100 \text{ m år}^{-1}$ , så att våtmarkerna ska kunna uppnå hög fosforretention. Medan beräkningarna är heltäckande, är våtmarksdata framtagen för alla punkter där den potentiella storleken på vattenyta är mellan 0,1 och 5 ha. De två andra kartlagrena (också rasterfiler) visar hur fosforbelastningen (figur 9a) och därmed våtmarkens potential att rena fosfor (figur 9b) varierar mellan olika platser i landskapet. Förslagsvis optimeras reningen (blått på kartan) genom att placera våtmarkerna där kartunderlagen visar hög (röd) belastning. Rasterfiler kommer att tillgängliggöras för nedladdning. För att göra resultat tillgängliga även för användarna utan förkunskaper i GIS skulle man kunna utveckla de färdiga resultaten till andra plattformar, som t ex Story Map eller liknande (Djodjic med fl., 2023). Det arbetet var utanför detta uppdrag.



*Figur 8. GIS-skikt som visar den våtmarksstorlek (ha) som rekommenderas så att den hydrauliska belastningen ska  $100 \text{ m}^3 \text{ år}^{-1}$  och därmed optimal för fosforrening.*



Figur 9. GIS-skikt som visar a) rekommenderad våtmarksstorlek ( $m^2$ ), b) fosforbelastning och c) fosforretention ( $kg\ ha^{-1}\ \text{år}^{-1}$ ) vid olika platser i landskapet där vattenflödet ackumuleras.

## 4. Diskussion

Vi vet att våtmarker och fosfordammars reningsförmåga påverkas av hur mycket näring och vattenmängd dem mottar. Placeringen av åtgärderna och deras storlek har därför avgörande betydelse för åtgärdernas förmåga att på långsikt fånga fosfor. Denna insamling och analys av fosforretention uppmätt med högfrekvent provtagning i 12 våtmarker har resulterat i nya ekvationer (jämför med tidigare använda ekvationer från Weisner et al. 2016) för att optimera våtmarkers placering. Dessutom har det bekräftat att vidhålla den hydrauliska belastningen på 100 m år<sup>-1</sup> för att optimera våtmarkers storlek och fosforrening. Med denna nya fosforekvation och kunskapen från detta projekt kunde vi genom modellering enligt Djodjic et al (2020) ta fram kartunderlag (GIS-raster) för hela Sverige som på fältnivå visar årsmedelvärden på fosforbelastningen och var våtmarker av varierande storlek kan placeras samt deras förväntade effekt. Dessa kartor levereras till Jordbruksverket och kommer kunna användas av rådgivare med markägare vid diskussion om optimal placering av våtmarker och dammar.

Tidigare användes fosforekvationen från Weisner et al. 2016 som baseras på de Halländska våtmarkerna som även inkluderats här (tabell 1), plus 12 andra våtmarker i Halland med strategisk stick-provtagning under olika flöden i 2 år. Den nya fosforekvationen visar liknande samband, men uppnår inte lika hög fosforretention som med ekvationen i Weisner et al. (2016), då fler våtmarker har lägre fosforretention vid högre fosforbelastning. Den erhållna fosforekvationen från detta projekt baseras på 1) fler våtmarker med högfrekvent automatisk provtagning, 2) med större geografisk spridning av våtmarkerna som täcker olika jordar samt östkusten och 3) mätningar under fler år (medel upp till 13 år). Detta innebär att den nya fosforekvationen ger något säkrare uppskattning av förväntat långtidsmedel av näringsretention vid olika belastningar.

Å andra sidan har de flesta mätningarna utförts när våtmarkerna är relativt nyanlagda och bara under några få år, vilket inte ger en långsiktig uppskattning av fosforretentionen. Dessutom blir det svårt att uppskatta våtmarkers skötselbehov och hur lång tid det tar innan effekten återfås efter skötseln. Korta mätperioder som inte inkluderar år med hög hydraulisk belastning i mogna våtmarker gör det också svårt att fastställa optimal hydraulisk belastning. Därför behövs långsiktiga mätningar i alla dessa våtmarker samtidigt för att kunna få en bättre uppskattning på långsiktig fosforretention, skötselbehov och optimerad våtmarksstorlek. Således föreslås att mätningar i alla dessa våtmarker tas upp under ett långsiktigt nationellt uppföljningsprogram där flera ekosystemtjänster som kväveretention, kolinlagring och biologisk mångfald också kan undersökas samtidigt samt riskerna för ökade utsläpp av växthusgaser och metaller som kvicksilver.

## Optimera fosforrening i våtmarker

- **Våtmarksplacering:** För att våtmarker ska rena mycket fosfor är det viktigt att de placeras i områden med stora fosforförluster.
- **Våtmarksstorlek:** För optimerad fosforretention bör inte den hydrauliska belastningen (vattenföring genom våtmarksareal) överstiga 100 m per år.
- **Skötselbehov:** Ackumulerat sediment behöver grävas ur, men tidsintervallet varierar beroende på tillförseln av partiklar.

Använd våra kartunderlag som visar i) var näringsbelastningen är hög, ii) vilken våtmarksyta som behövs för att den hydrauliska belastningen ska vara 100 m per år och iii) därmed potentiell fosforrening i framtida våtmarker.

## 5. Slutsatser

Följande rekommendationer för våtmarkers placering och utformning ges:

- Fosforretentionen varierar kraftigt mellan olika år då den styrs av fosforbelastningen, våtmarker bör därför placeras i områden med hög fosforbelastning.
- Den hydrauliska belastningen är också viktig, för att optimera för fosforretention bör inte den hydrauliska belastningen överstiga 100 m per år (dvs 100 m<sup>3</sup> inflöde per m<sup>2</sup> våtmark).
- Använd det framtagna kartunderlaget som visualiserar på vilka platser näringsbelastning och följaktligen näringsretentionen är hög och som beräknar både hur stor våtmarken bör vara för att uppnå optimal hydraulisk belastning och våtmarkers potentiella fosforretention. Kartunderlaget har tagits fram för hela Sverige.
- Kartunderlagen finns tillgängliga som GIS-raster för alla, men detta kräver en viss GIS-kunskap och programvara. Med ytterligare finansiering kan det tillgängliggöras som mer överskådliga vektordata eller vidareutvecklas till produkter som inte kräver GIS-kunskap hos slutanvändarna.
- Dataunderlaget för utvärdering av våtmarkers långsiktiga fosforreningsförmåga, skötselbehov och optimal storlek är bristfällig då flera mätperioder är korta (1-4 år) och har skett främst direkt efter våtmarken anlagts. Därför föreslås att mätningar i alla dessa våtmarker tas upp under ett långsiktigt nationellt uppföljningsprogram där flera ekosystemtjänster som kväveretention, kolinlagring och biologisk mångfald också kan undersökas samtidigt samt riskerna för ökade utsläpp av växthusgaser och metaller som kvicksilver.

## Referenser

- Brandt M., B. Arheimer, H. Gustavsson, C. Pers, J. Rosberg, M. Sundström & A.K. Thorén. (2009). *Uppföljning av effekten av anlagda våtmarker i jordbrukslandskapet - Belastning av kväve och fosfor*. Naturvårdsverket rapport 6309.
- Djodjic F., P. Geranmayeh, M. Futter, H. Markensten & D. Collentine. (2022). *Cost effectiveness of nutrient retention in constructed wetlands at a landscape level*. Journal of Environmental Management 324: 116325.
- Djodjic F., P. Geranmayeh & H. Markensten. (2020). *Optimizing placement of constructed wetlands at landscape scale as low-hanging fruits to reduce phosphorus losses*. Ambio. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01349-1>
- Djodjic F., P. Geranmayeh, H. Markensten & E. Widén-Nilsson. 2023. *Norrström Rätt åtgärd på rätt plats - Stöd och data för att minska näringsläckage från jordbruksmark*. <https://arcg.is/1HC001>. 20231213.
- Geranmayeh P., B. Ulén, M. Blomberg & M. Bierozza. (In prep.). *Mitigating eutrophication in small agricultural catchments – Long-term efficiency of two constructed wetlands*.
- Geranmayeh P. (In prep.). *Phosphorus accumulation in agricultural constructed wetlands*.
- Hansson K., H. Ejhed, E. Widén-Nilsson, H. Johnsson, J. Tengdelius Brunell, H. Gustavsson, J. Hytteborn & S. Åkerblom. (2019). *Näringsbelastningen på Östersjön och västerhavet 2017- Sveriges bidrag till HELCOM:s sjunde Pollution Load Compilation*. Havs- och vattenmyndigheten, Rapport 2019:20.
- Johannesson K.M., J.L. Andersson & K.S. Tonderski. (2011). *Efficiency of a constructed wetland for retention of sediment-associated phosphorus*. Hydrobiologia 674:179-190. DOI 10.1007/s10750-011-0728-y.
- Johnsson H., K. Mårtensson, A. Lindsjö, K. Persson, Y.A. Rangel, & K. Blombäck. (2019). *Läckage av näringsämnen från svensk åkermark – Beräkningar av normalläckage av kväve och fosfor för 2016*. SMED, Rapport 5, Norrköping.
- Kyllmar K. (2009). *Transporter av kväve och fosfor i vattendrag – inverkan av metodik vid vattenprovtagning. Jämförelse av vattenanalyser från manuell respektive flödesproportionell vattenprovtagning i åtta intensivtypområden*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Mark och miljö. Teknisk rapport 131.
- Nilsson J., A. Liess & S. Weisner. (2020). *Näringsavskiljning i anlagda våtmarker i Kalmar län*. Länsstyrelsen i Kalmar län.
- Wedding B. (2004). *Näringsreduktion i nyanlagda dammar*. Aktuella resultat. Nr 3 – 2004. Höje å projektet & Kävlingeå-projektet. Ekologgruppen, Landskrona.
- Wedding B, T. Alström & N. Svenbro. 2017. *LOVA redovisning Projekt Brandstad – uppföljning av fosfordamm*. Kävlingeåns vattenråd. Ekologgruppen Landskrona.

Weisner S., K. Johannesson & K. Tonderski. (2015). *Näringsavskiljning i anlagda våtmarker i jordbruket - Analys av mätresultat och effekter av landsbygdsprogrammet*. Jordbruksverket rapport 2015:7.