



Våtmarker och dammars kostnadseffektivitet -

Utvärdering av LOVA-stöd 2017-2021

Pia Geranmayeh, Emil Fredricsson, Hampus Markensten och
Faruk Djodjic

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för vatten och miljö
2025:2

**Havs
och Vatten
myndigheten**

Våtmarker och dammars kostnadseffektivitet. Utvärdering av LOVA- stöd 2017-2021.

Pia Geranmayeh, <https://orcid.org/0000-0002-5399-8068>, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för vatten och miljö,

Emil Fredricsson, <https://orcid.org/0009-0008-8517-8575>, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för vatten och miljö

Hampus Markensten, <https://orcid.org/0000-0003-1065-8482>, Sveriges
lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö

Faruk Djodjic, <https://orcid.org/0000-0002-2172-242X>, 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.

Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsår:	(2025)
Utgivningsort:	(Uppsala)
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel:	Rapport 2025:2 / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö
Nyckelord:	våtmark, kväveretention, jordbruksmark, hydraulisk belastning

© 2025 (Pia Geranmayeh, Emil Fredricsson, 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 uppdrag har utvärderat reningsförmåga och kostnadseffektivitet av våtmarker och fosfordammar som anlagts med miljöstödet Lokala vattenvårdsprojekt (LOVA) mellan 2017 och 2021. Information om placering, storlek, huvudsyfte, kostnader och erhållen ersättning för 112 våtmarker och dammar samlades in från Länsstyrelserna. Genom att ta fram kartsikt (GIS-raster) med flödesackumulering, kvävebelastning och kväveretention för hela Sverige kunde LOVA-våtmarkernas förmåga att rena kväve utvärderas. Likande kartsikt för fosfor togs fram inom ett annat projekt.

Kväveretention baserad på högfrekvent vattenprovtagning (tids- eller flödesstyrd provtagning under 1-13 år) samlades in för 16 svenska våtmarker där 12 av dem ansågs ha tillräcklig bra kvalitet på data för kvävebelastning och hydraulisk belastning. Årsretentionen av kväve för dessa våtmarker ökade med högre kvävebelastning och den erhållna ekvationen användes för att beräkna potentiell kväveretention i LOVA-våtmarkerna.

Trots att LOVA våtmarker anläggs i syfte att förbättra vattenkvaliteten, uppskattades att 37 % respektive 61 % av de 51 våtmarker för näringsretention mottog en minimal belastning av kväve respektive fosfor och därmed saknas förutsättningar att rena något av dessa två näringsämnen. Fosfordammarna hade bättre placering och de flesta (68 % av 34) mottog en hög fosforbelastning. Däremot hade alla (utom en) fosfordammar med hög fosforbelastning också en hög hydraulisk belastning (> 300 m per år), vilket är betydligt högre än den rekommenderade hydrauliska belastningen på ungefär 100 - 200 m per år för hög fosforretention. Detta innebär att de var väldigt små och den beräknade reningsförmågan som utgår från optimal storlek och hydraulisk belastning troligen är överskattad. Det var 31 % av våtmarkerna som uppskattades ha hög kväverening, men många av dem var sidodammar med en hög modellerad hydraulisk belastning som inte stämmer med hur mycket vatten som faktiskt leds in. Det gick dessutom inte att fastställa en övre gräns i hydraulisk belastning för kväve. För att fastställa vilken hydraulisk belastning som behövs för hög näringsrening behövs långsiktiga mätningar i fler våtmarker med varierande hydraulisk belastning. För att öka

reningen och kostnadseffektiviteten i framtida våtmarker, bör placerings- och dimensionerings kriterier upprättas och de framtagna kartlagren (<https://arcg.is/14vmmX0>) användas vid projekteringen och uppskattning av potentiell rening och kostnadseffektivitet.

Nyckelord: våtmark, kväverening, fosfor, kostnadseffektivitet, jordbruk, hydraulisk belastning

Abstract

This project has evaluated the retention performance and how cost-efficient constructed wetlands and ponds financed with the national grant “Lokala vattenvårdsprojekt” (LOVA) between 2017 and 2021 are. Information on location, size, aim, costs and subsidies for 112 wetlands and ponds was gathered from the County Administrative Boards. By developing and comparing map layers (GIS-raster) with flow accumulation, hydraulic load (HL), nitrogen (N) load and retention for whole of Sweden, the LOVA-wetlands N retention performance could be assessed. Similar maps for phosphorus (P) were developed within another project. Nitrogen retention based on high-frequency water sampling (time- or flow-proportional during 1-13 years) was collected for 16 Swedish wetlands and 12 of these were estimated to have high quality data on HL and nutrient load. Annual retention of N for the monitored wetlands increased with increasing N load and the obtained equation was used to estimate potential N retention in the LOVA-wetlands.

Despite that LOVA-wetlands are constructed with the purpose to improve water quality, 37 % and 61 % of the 51 wetlands aiming at nutrient retention received minimal N and P loads, respectively, and thus potentially could not retain any nutrients. The ponds specially designed for trapping P had better placement and most of them (68 % of 34) received high P loads. However, all of these ponds (except one) with potentially high P loads had HL over 300 m yr^{-1} , which is considerably higher than the recommended HL of circa $100 - 200 \text{ m yr}^{-1}$ for high P retention. This means that they were very small in relation to their catchment, and the retention capacity is probably overestimated. About 30 % of the wetlands were estimated to have high N removal, but many of them also had high modelled HL as they were constructed beside a water course and only received part of the water. However, it was not possible to establish an upper threshold in HL for N. To determine the HL needed for high nutrient retention, long-term monitoring is needed in several wetlands with varying HL. In order to increase the retention performance and cost-effectiveness of future wetlands, location and dimensioning criteria should be established and the developed map layers should be used when

planning construction of future wetlands and estimating potential retention and cost-effectiveness.

Keywords: wetlands, nitrogen, retention, phosphorus, cost-efficiency, agriculture, hydraulic load

Förord

Denna rapport presenterar vad som har gjorts inom ”*LOVA - placering och effektberäkning dammar och våtmarker*” som finansierades via Havs- och vattenmyndigheten inom uppdraget ”Förvaltning av beräkning och uppföljning av jordbruksläckage av kväve och fosfor” (Dnr: 01347-2023). Målet var att ta fram underlag för att kunna utvärdera kostnadseffektiviteten av de våtmarker och fosfordammar som anlagts 2017-2021 med medel från ”Lokala vattenvårdsprojekt” (LOVA). Uppdraget bestod av följande delar i) samla in information om enskilda våtmarker och dammar från Länsstyrelserna, ii) ta fram vetenskapligt underlag för att vidareutveckla optimerad placering och storlek av våtmarker och dammar, iii) producera GIS-kartlager som illustrerar och uppskattar kvävebelastning och potentiell kväveretention vid olika platser i hela Sverige och iv) använda underlagen för att uppskatta kostnadseffektiviteten.

Innehållsförteckning

Våtmarker och dammars kostnadseffektivitet. Utvärdering av LOVA-stöd 2017-2021.	2
Förord	7
1. Projektets syfte och mål	9
2. Metod	10
2.1 Insamling av information om LOVA-våtmarker	10
2.2 Framtagning av kartunderlag	11
2.2.1 Insamling av uppmätt vattenkvalitetsdata	11
2.2.2 Modellering av kvävebelastning och potentiell kväveretention	11
2.3 Uppskatta LOVA-våtmarkers näringsreningsförmåga och kostnadseffektivitet	12
2.3.1 Utvärdering av utformning	12
2.3.2 Beräkning av näringsretention	13
2.3.3 Beräkning av kostnadseffektivitet	13
3. Resultat	14
3.1 Kartunderlag för optimering av kväveretentionen	14
3.1.1 Uppmätt kväveretention i våtmarker	14
3.1.2 Kartunderlag med potentiell kväveretention för hela Sverige	16
3.2 Utvärdering av LOVA våtmarker och dammar	18
3.2.1 Regional fördelning	18
3.2.2 Storlek och utformning	18
3.2.3 Anläggningssätt	20
3.2.4 Anläggningskostnad och erhållet stöd	20
3.2.5 Potentiell näringsretention	22
3.3 Kostnadseffektivitet	24
4. Diskussion	25
Optimera näringsrening i våtmarker	27
5. Slutsatser	28
Referenser	30

1. Projektets syfte och mål

Övergödning är ett stort problem i Sveriges vattenmiljöer framför allt i södra delen av landet där näringsförluster från jordbruksmark är en stor källa. Under 2009 etablerades lokala vattenvårdsprojekt (LOVA) för att genomföra åtgärder som t.ex. våtmarker och dammar för att förbättra havs- och vattenmiljön. Detta uppdrag syftade till att ta fram underlag för att utvärdera reningsförmågan och kostnadseffektiviteten i våtmarker och dammar som anlagts med LOVA-medel mellan 2017 och 2021. Målet var även att förbättra framtida uppföljning och att öka framtida våtmarkers och dammars näringsrenande förmåga och därmed öka effektiviteten i åtgärderna så att näringsbelastningen till våra vatten kan minska. Därför ämnade projektet att ta fram underlag och kartverktyg som både kan användas för uppföljning av befintliga våtmarker och underlätta dimensionering och placering av framtida våtmarker. Detta genom att:

- i. ta fram en excelfil för att samla in nödvändig information om enskilda våtmarker och dammar från Länsstyrelserna.
- ii. samla in uppmätt vattenkvalitetsdata för att erhålla ett samband mellan kvävebelastning och kväveretention.
- iii. Modellera GIS-kartlager som illustrerar och uppskattar kvävebelastning och potentiell kväveretention i befintliga och framtida våtmarker vid olika platser i hela Sverige.
- iv. Använda kartlagren och anläggningskostnaderna för att uppskatta reningsförmåga och kostnadseffektivitet i LOVA våtmarker och dammar.

2. Metod

2.1 Insamling av information om LOVA-våtmarker

När uppdraget började fanns ingen databas med information om enskilda våtmarkers storlek eller placering. Därför upprättades ett frågeformulär (en excelfil Bilaga 1) för insamling av våtmarksinformation som skickades till LOVA-handläggare på samtliga länsstyrelser under våren 2022. I november återkom svar från länsstyrelserna. Av de 21 län som kontaktats var det 19 som lämnade in data medan Uppsala och Halland inte hade hunnit svara på grund av tidsbrist. För att komplettera brister i informationslämningen kontaktades handläggarna på länsstyrelserna och projektbeskrivningar erhöles för genomgång. De våtmarker som koordinater inte angivits uteslöts från utvärderingen.

Information som efterfrågades från länsstyrelserna var:

- Anläggnings år
- Åtgärdssyfte (näringsrening, flödesdämpning, kväve- eller fosforretention).
- Total kostnad för anläggningen
- Utbetalt LOVA-stöd för projektet
- Koordinater för inlopp och utlopp
- Längden på vattnets väg mellan inlopp och utlopp (m)
- Anläggningsyta respektive vattenyta (m^2)
- Djup (m), medel för hela, djupdel och grunddel
- Våtmarksvolym (m^3)
- Avrinningsområdets areal (ha)
- Anläggningssätt (grävd eller dämnd) samt om matjord är bortgrävd
- Om allt vatten leds in i dammen eller inte och om pumpning skett

2.2 Framtagning av kartunderlag

2.2.1 Insamling av uppmätt vattenkvalitetsdata

Som ett underlag för att ta fram ekvationer för näringsretention samlades befintlig mätdata in från våtmarker som haft automatisk högfrekvent tidsstyrd eller flödesproportionell vattenprovtagning och flödesmätningar i ett eller flera år. Våtmarkerna var lokaliserade i Skåne (Wedding 2004; Wedding et al. 2017), Halland (Weisner et al. 2015), Kalmar (Nilsson et al. 2020), Södermanland (Johannesson et al. 2011) samt fosfordammar i Södermanland och Stockholm som bearbetades inom detta uppdrag. Insamlingen resulterade i data från 16 våtmarker, men fyra våtmarker exkluderades antingen eftersom de inte mottagit hela flödet från uppströms område och därmed inte ger tillförlitliga uppskattningar eller för att uppmätt kväveretention och kvävebelastningen var extremvärden som påverkade sambandet mellan dem för mycket.

2.2.2 Modellering av kvävebelastning och potentiell kväveretention

I ett tidigare projekt finansierat av Jordbruksverket har GIS-raster med flödesackumulering, fosforbelastning och potentiell fosforretention tagits fram för hela Sverige (Geranmayeh et al. 2024). I detta uppdrag kompletteras dessa kartor genom att ta fram liknande kartor med kvävebelastning och potentiell kväveretention. Tidigare forskningsprojekt har skapat en digital höjdmodell med upplösningen på 10x10m som användes för att ta fram avrinningsområden och uppskatta flödesackumulering i GIS till specifika punkter i landskapet (Djodjic et al. 2020). Årsmedelavrinning beräknade med S-HYPE modell (Hansson et al, 2016) användes för varje delavrinningsområde. Kvävebelastningen beräknades genom att multiplicera årsmedelavrinningen med typkoncentrationer baserade på markanvändning, region, jordart, klimat, marklutning, gröda etc (Johnsson et al. 2016). Kvävebelastningen ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$) användes i sin tur för att uppskatta den potentiella kväveretentionen ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$) med den nya kväveekvationen erhållen i detta uppdrag (ekvation 1):

$$N_{\text{retention}} = 266,2 \times \ln(N_{\text{belastning}}) - 1646,3 \quad (\text{Ekvation 1})$$

$$\text{Minigräns: } N_{\text{belastning}} < 494 \rightarrow N_{\text{retention}} = 5$$

$$\text{Maxgräns: } N_{\text{belastning}} > 50\,000 \rightarrow N_{\text{retention}} = 1234$$

Ovan ekvation innebär dels att negativ retention uppskattas vid låg kvävebelastning (<494 kg N ha⁻¹ år⁻¹) och att kväveretentionen fortsätter öka vid ökad kvävebelastning även utanför det intervallet som mätningarna täcker. För att undvika osäkra uppskattningar som ligger utanför intervallet för uppmätta belastningar och retentioner infördes en maxgräns för retention, även i de fall när modellerade kvävebelastning är högre. Maxgränsen sattes vid maximal uppmätt årsmedel i kvävebelastning som var 50 000 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i Slogstorp, vilket medför en maximal potentiell retention på 1234 kg N ha⁻¹ år⁻¹. På liknande sätt uppskattades gränsvärdet för minsta kväveretentionen till 5 kg N ha⁻¹ år⁻¹ om kvävebelastningen var mindre än 494 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

2.3 Uppskatta LOVA-våtmarkers näringsreningsförmåga och kostnadseffektivitet

2.3.1 Utvärdering av utformning

Inlopps- och utloppskoordinater som erhållits för respektive våtmark och damm användes för att i GIS utvärdera storlek och vattnets väg genom våtmarken (Johansson 2024; Fredricsson 2024). Vattenytan beräknades genom att manuellt rita upp vattenytan med hjälp av ett flygfoto i bakgrunden och skapa en shape-fil. De framtagna flödesackumuleringsfilerna användes för att uppskatta vattenvolymen som våtmarkerna och dammarna mottar. Genom att välja rutan närmast dammens inlopp erhöles den inflödande vattenvolymen per år. Vattenvolymen (m³ år⁻¹) delades sedan med våtmarkens vattenyta (m²) för att uppskatta den hydrauliska belastningen (m år⁻¹). Den hydrauliska belastningen är en bättre jämförelse av våtmarkens storlek än våtmarken relativa storlek i förhållande till dess avrinningsområde eftersom nederbörd och avrinning varierar i olika delar av landet.

För hög fosforrening bör den hydrauliska belastningen vara ungefär 100 m per år (Kynkäänniemi 2014; Geranmayeh et al. 2024). Vattnets flödesväg (m) uppmättes mellan inloppet och utloppet i GIS.

2.3.2 Beräkning av näringsretention

De framtagna GIS-rasterfilerna med näringsbelastning användes för att uppskatta potentiell näringsrening. Genom att klicka på rutan närmast inloppet i kväve- respektive fosforbelastningskartan erhöles inflödande mängd kväve respektive fosfor (kg år^{-1}). Därefter beräknades näringsbelastningen per ytenhet ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$) genom att dela med vattenytan för att sedan kunna beräkna potentiell kväveretention (ekvation 1) och fosforretention (ekvation 2):

$$P_{\text{retention}} = 33,68 \times \ln(P_{\text{belastning}}) - 119,71 \quad (\text{Ekvation 2})$$

$$\text{Minigräns: } P_{\text{belastning}} < 35,5 \rightarrow P_{\text{retention}} = 0,5$$

$$\text{Maxgräns: } P_{\text{belastning}} > 817 \rightarrow P_{\text{retention}} = 106$$

Även för fosfor sattes gränsvärden för maximal och minimum för att undvika negativ retention vid låg fosforbelastning och överskattning vid hög fosforbelastning (Geranmayeh et al. 2024). Vid fosforbelastning lägre än 35 ($\text{kg P ha}^{-1} \text{år}^{-1}$) uppskattades därför fosforretention bli 0,5 $\text{kg P ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ och vid högre fosforbelastning än 817 $\text{kg P ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ sattes fosforretentionen till maximalt 106 $\text{kg P ha}^{-1} \text{år}^{-1}$.

2.3.3 Beräkning av kostnadseffektivitet

För att beräkna kostnadseffektiviteten ($\text{kr kg}^{-1} \text{år}^{-1}$) delades åtgärdens totala kostnad med uppskattad rening under våtmarkens eller dammens livstid (ekvation 3). Hela kostnaden fördelas till fosfor respektive kväve. Våtmarkernas livslängd ansågs vara 10 år, vilket baserades på att ansamlad sediment behöver grävas ur med jämna mellanrum efter behov för att återfå vattendjup och näringsrenande förmågan.

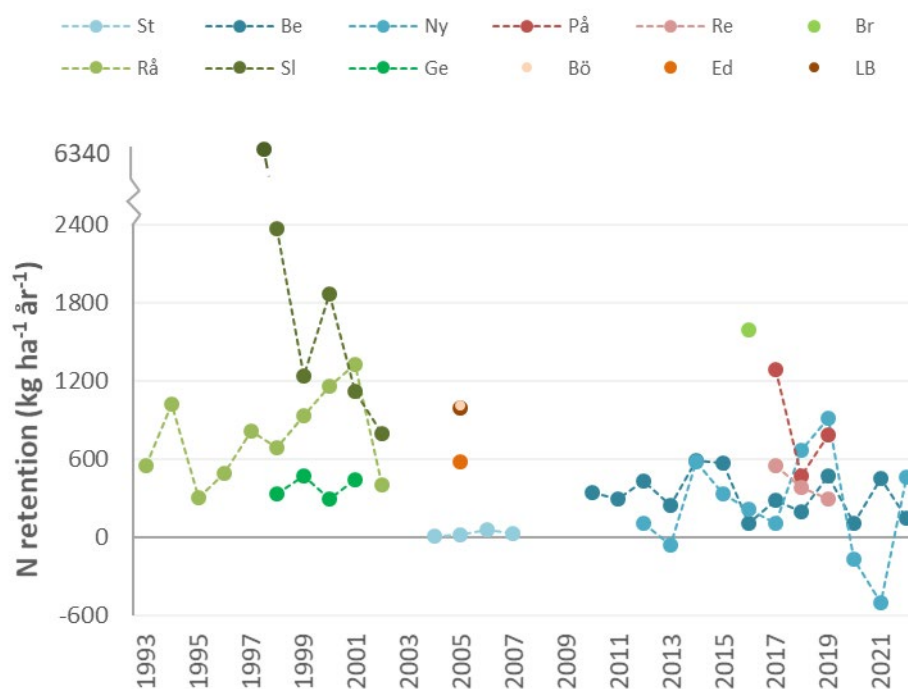
$$\text{Kostnadseffektivitet} = \frac{\frac{\text{Anläggningskostnad}}{10 \text{ år}}}{\text{Näringsrening}} \quad (\text{Ekvation 3})$$

3. Resultat

3.1 Kartunderlag för optimering av kväveretentionen

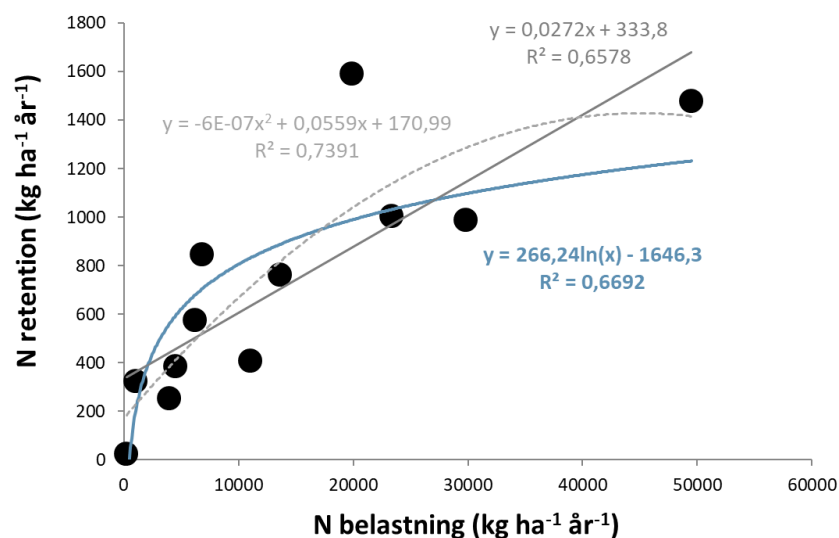
3.1.1 Uppmätt kväveretention i våtmarker

Den uppmätta kväveretentionen varierade kraftigt både mellan de tolv våtmarkerna och under olika år (Figur 1). Kväveretentionen ($6340 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$) var extremt hög första året i Slogstorp våtmark, och detta år som var en outlier exkluderades från vidare analys då det styrde resultaten för mycket. Det är framförallt våtmarkerna i Skåne (gröna) och Halland (orange) som har hög kväverening över 500 kg per hektar och år. Eftersom mellanårsvariationen inom samma våtmark varierade kraftigt, blir det svårt att jämföra våtmarker som undersökts under olika år och efter olika tid från anläggning. Därför behövs det långsiktiga mätningar i flera våtmarker från anläggning, under mognad och efter skötsel.

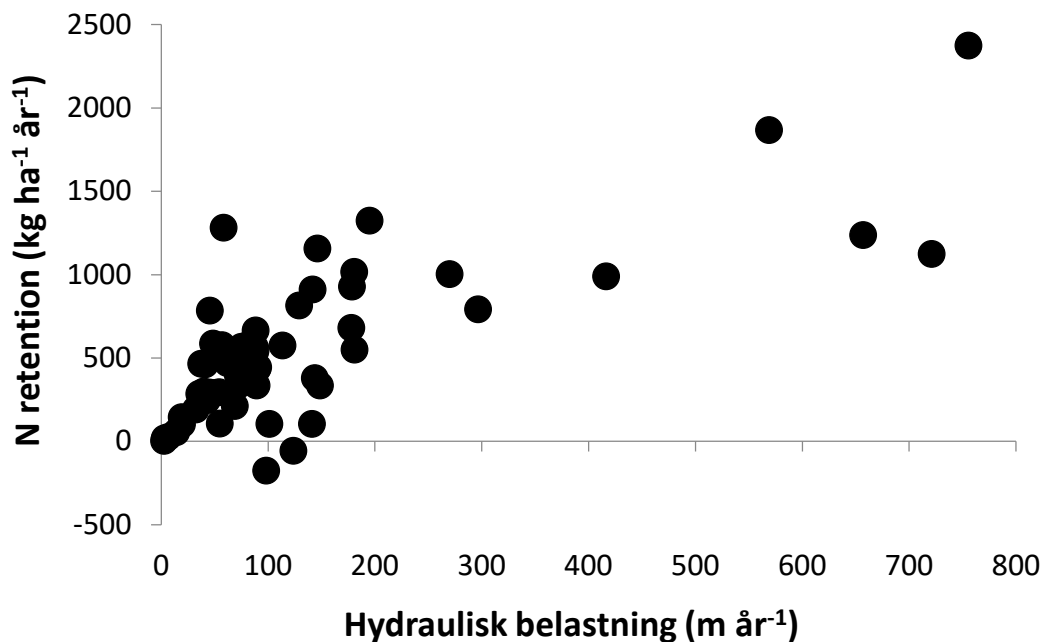


Figur 1. Kväveretention ($\text{kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$) under de olika åren i de 12 våtmarker som inkluderades i denna studie. För våtmarkerna i Halland (orange) har endast årsmedelvärden erhållits och inte enskilda årsvärden. Figuren nedan utan extremvärdet i Slogstorp första mätåret.

När enskilda årsvärden relaterats till kvävebelastningen blir sambanden svagare då både belastning och retention varierar kraftigt mellan år. Därför användes årsmedelvärden som visar hur kväveretention ökar med en ökad kvävebelastning (figur 2). Även om sambandet anses starkare (högre R^2) med en polynom trendlinje blir funktionen missvisande vid låg kvävebelastning, då funktionen uppskattar att reningen ska vara nästan 200 kg kväve per hektar och år även när belastningen är väldigt låg. Den linjära funktionen överskattar reningen både vid låg kvävebelastning samtidigt som den troligen även överskattar reningen vid hög kvävebelastning. Det är osannolikt att våtmarkerna kan fortsätta att rena ännu mer oavsett hur stor vattenvolym de mottar, vid en viss punkt bör de bli för små. Mätningarna kunde dock inte visa på en övre gräns i hydraulisk belastning (figur 3). Dataunderlaget är dock 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. För att inte överskatta reningen användes den logaritmiska *ln-ekvationen* för att uppskatta potentiell kväverening. Dessutom sattes gränsvärden för minimum och maximum vid värden som är utanför uppmätt kvävebelastning, då det inte bör vara möjligt att uppskatta negativ retention vid låg belastning.



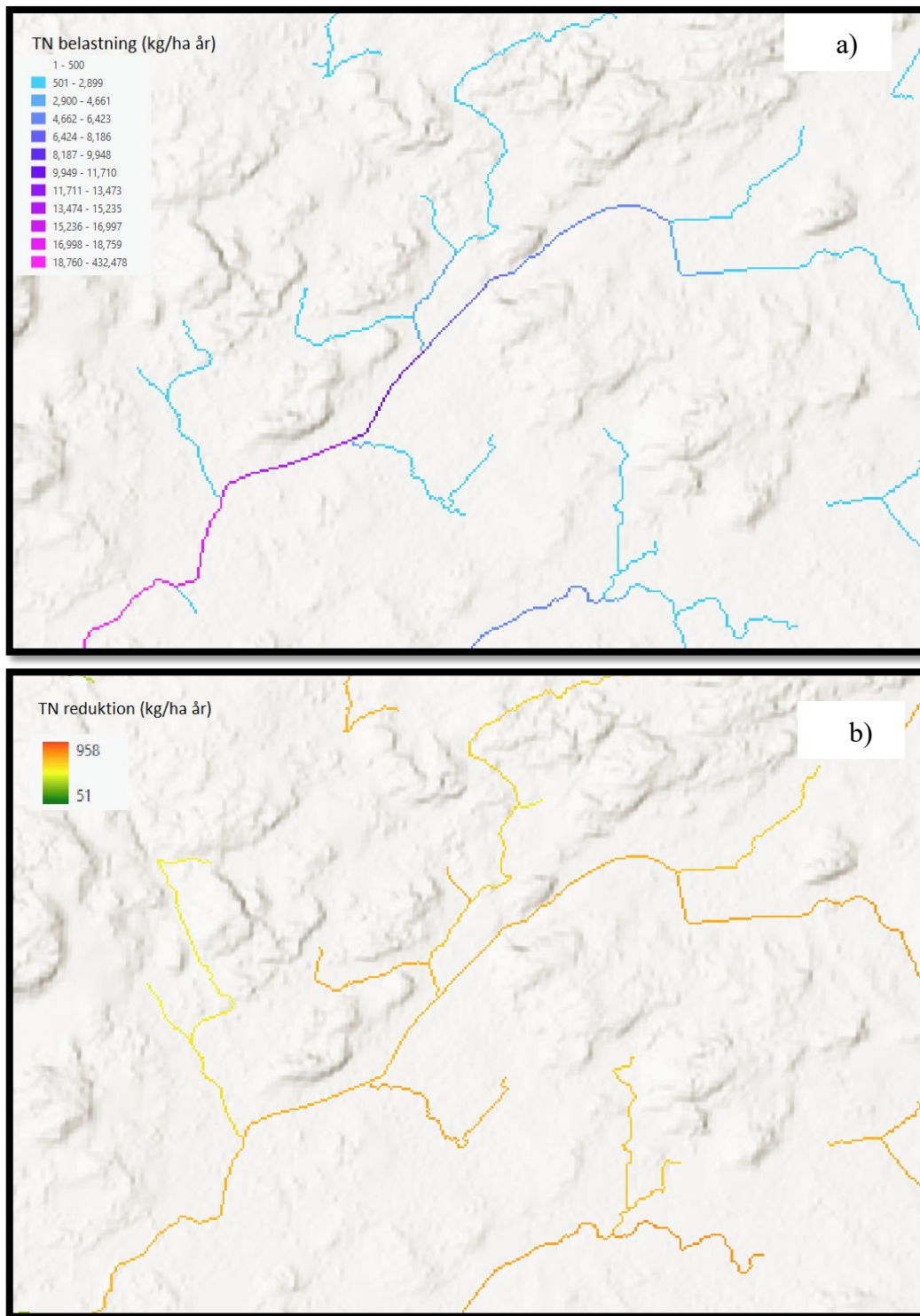
Figur 2. Årsmedelretention av kväve ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$) som en funktion av kvävebelastningen. Antal våtmarker $n=12$. Extremvärden första åren i Slogstorp och Nybble har exkluderats. Funktionen i blått användes i vidare analys eftersom reningen inte kan förväntas vara hög även vid låg belastning eller förväntas öka oavsett hur mycket belastningen ökar.



Figur 3. Årsvärden för kväveretention ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$) och den hydrauliska belastningen (m år^{-1}).

3.1.2 Kartunderlag med potentiell kväveretention för hela Sverige

Uppdraget har producerat två olika kartskikt i GIS som täcker hela Sverige. Rasterfilerna visar hur kvävebelastningen (figur 4a) och därmed våtmarkens potential att rena kväve (figur 4b) varierar mellan olika platser i landskapet. Förslagsvis optimeras reningen (blått på kartan) genom att placera våtmarkerna där kartunderlagen visar hög (röd) belastning. Rasterfilerna har levererats till Havs- och vattenmyndigheten som avgör hur och på vilket sätt dessa data kommer att tillgängliggöras. För att på ett enkelt sätt förmedla resultaten för användare utan förkunskaper i GIS en webbaserade plattform, en kartberättelse - Story Map (<https://arcg.is/14vmmX0>) producerats och lanserats i augusti 2025 inom ett utvecklingsprojekt finansierat av SLU:s miljöanalysprogram Övergödning.

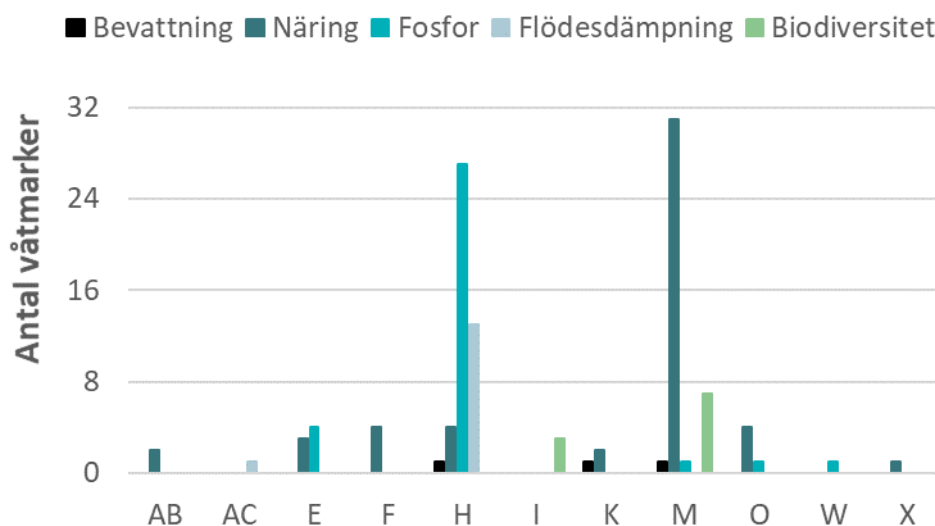


Figur 4. GIS-skikt som visar a) kvävebelastning och b) potentiell kväveretention ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$) vid olika platser i landskapet där vattenflödet ackumuleras.

3.2 Utvärdering av LOVA våtmarker och dammar

3.2.1 Regional fördelning

Under 2017-2021 anlades 112 våtmarker och dammar med LOVA finansiering, exklusive Uppsala och Halland. De allra flesta våtmarkerna (38 stycken) anlades i Skåne, medans de flesta dammarna (41 stycken) var lokaliserade i Kalmar län (figur 5). Dammarnas huvudsyfte var främst fosforrening, men det anlades även mindre backdikesdammar. Dessa dammar syftar till att dämpa vattenflöden från skogsmarker på åkermark och därigenom förhindra erosion och stående vatten på fälten som annars skulle orsakat fosforförluster. Våtmarkernas huvudsyfte var till största del näringsrening, men även våtmarker för biologisk mångfald, lekplatser för gädda, och bevattning anlades.



Figur 5. Antal våtmarker som anlagts i respektive län uppdelat på våtmarkens huvudsyfte.

3.2.2 Storlek och utformning

Den totala våtmarksytan, inklusive dammvallar och påverkad mark som ersättning ges för var signifikant större (median 12 329 m²) jämfört med vattenytan (7 269 m²). Våtmarkernas vattenyta varierade beroende på våtmarkens huvudsyfte (tabell 1). Dammarna, både fosfordammar och flödesdämpande backdammar hade betydligt mindre vattenyta (medel 1 358 m² respektive 371 m²) jämfört med

Tabell 1. Medianen för totala våtmarksytan som ersättning ges, vattenytan, totala kostnaden, konstruktionskostnad för anläggningen och hur stor del av totalkostnaden som LOVA-stödet ersatte uppdelat per våtmarkssyfte.

Huvudsyfte	Bevattning	Biodiversitet	Flödesdämpning	Fosfordamm	Näring
Totalvåtmarksyta (m ²)	20 000	14 500	100	200	12 597
Vattenyta (m ²)	7 597	7 663	13	224	5 251
Totalkostnad (kr)	700 000	379 209	8 000	16 000	381 010
Konstruktionskostnad (kr)	558 000	159 666	60 798	44 750	271 040
Totalkostnad (kr/m ² totalyta)	23	27	80	80	33
Totalkostnad (kr/m ² vattenyta)	45	46	615	87	95
LOVA-stöd (% av totalkostnad)	72	54	80	80	66

våtmarkerna för näringsrening (medel 12 864 m²). Många av våtmarkerna var även stora i relation till avrinningsområdet, vilket innebär en låg hydraulisk belastning. Detta gäller även våtmarker med huvudsyfte näringsrening (median 21 m per år), bevattning och biodiversitet (median ca 10 m per år). Tvärtom var det många fosfordammar och flödesdämpande backdammar som var relativt små (<0,01% av avrinningsområdet) och mottog en väldigt hög hydraulisk belastning (median 939 respektive 611 m per år). Detta innebär att fosfordammarnas vattenyta bör vara större för att effektivt kunna ta hand om vattnet från avrinningsområdet. Det var även våtmarker där allt vatten inte leds in utan de mottar endast ett delflöde. Bristfällig data om hur mycket vatten som leds in i våtmarken gör att uppskattning av belastningen och retentionen är omöjlig.

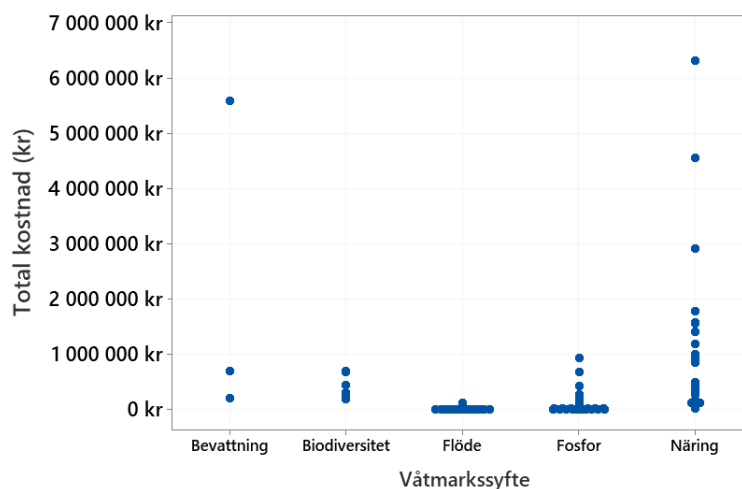
Våtmarkens form påverkar förmågan att sprida vattnet över hela ytan så att vattenhastigheten saktas ner och näringsreningsprocesserna hinner ske. Våtmarker vars syfte är att rena näring bör vara utformade avlånga med ett långt avstånd mellan in- och utlopp, detta ger en bra hydraulisk form (Nilsson et al. 2023). De flesta fosfordammar var långsmala, vilket ger vattnet en lång flödesväg och en bra hydrauliska form. Det var däremot få våtmarker där vattenytan utnyttjades optimalt. Det kunde bero på rundare form, kort avstånd mellan inlopp och utlopp eller flera inflöden på sidorna närmare utloppet.

3.2.3 Anläggningssätt

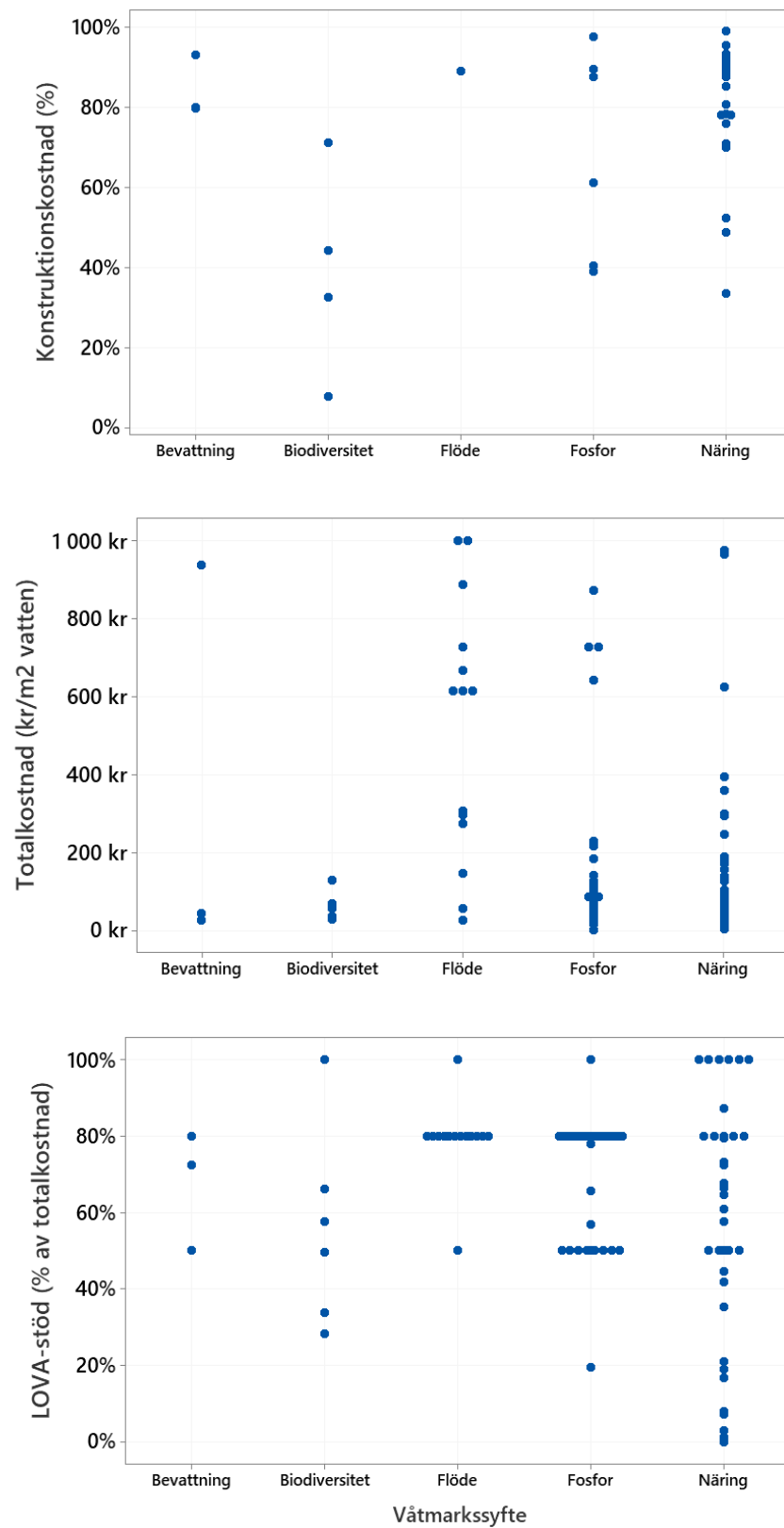
De flesta våtmarker och dammar anlades genom att gräva, medan 22 våtmarker anlades genom att dämma. Om matjorden har schaktas bort framgår inte för alla projekt och även för vissa grävda våtmarker har endast vissa partier schaktats bort, men inte hela området som kommer stå under vatten. Om marken har gödslats under längre tid så att matjorden innehåller mycket näring finns det en stor risk att våtmarken blir en fosforkälla vid dämningen om matjorden inte schaktas bort. Detta har inte tagits hänsyn till. För framtida våtmarker bör det ske en riskbedömning av fosforfrigörelse för att avgöra om matjorden behöver grävas bort innan dämning.

3.2.4 Anläggningskostnad och erhållet stöd

Totala kostnaden (Figur 6) för våtmarken inkluderar kostnad att gräva anläggningen och projektering, men alla projekt hade inte en uppdelning (tabell 1). För de flesta våtmarkerna, utom biodiversitet, stod anläggningskostnaden för den största delen av totalkostnaden (Figur 7). Anläggningskostnaden varierade mellan 19 000 kr och 5 800 000 kr för näringsvåtmarker (42 st) och mellan 3 000 och ca 840 000 kr för fosfordammarna (14 st). Totalkostnaden att anlägga en fosfordamm och våtmark för näringsrening var ungefär det dubbla jämfört med våtmarker för biologisk mångfald (tabell 1 och Figur 7). Det var en stor variation i hur mycket av de totala kostnaderna som stödet täckte, framförallt för näringsvåtmarker (Figur 7). Det flesta våtmarker fick dock antingen 50 eller 80 % ersättning.



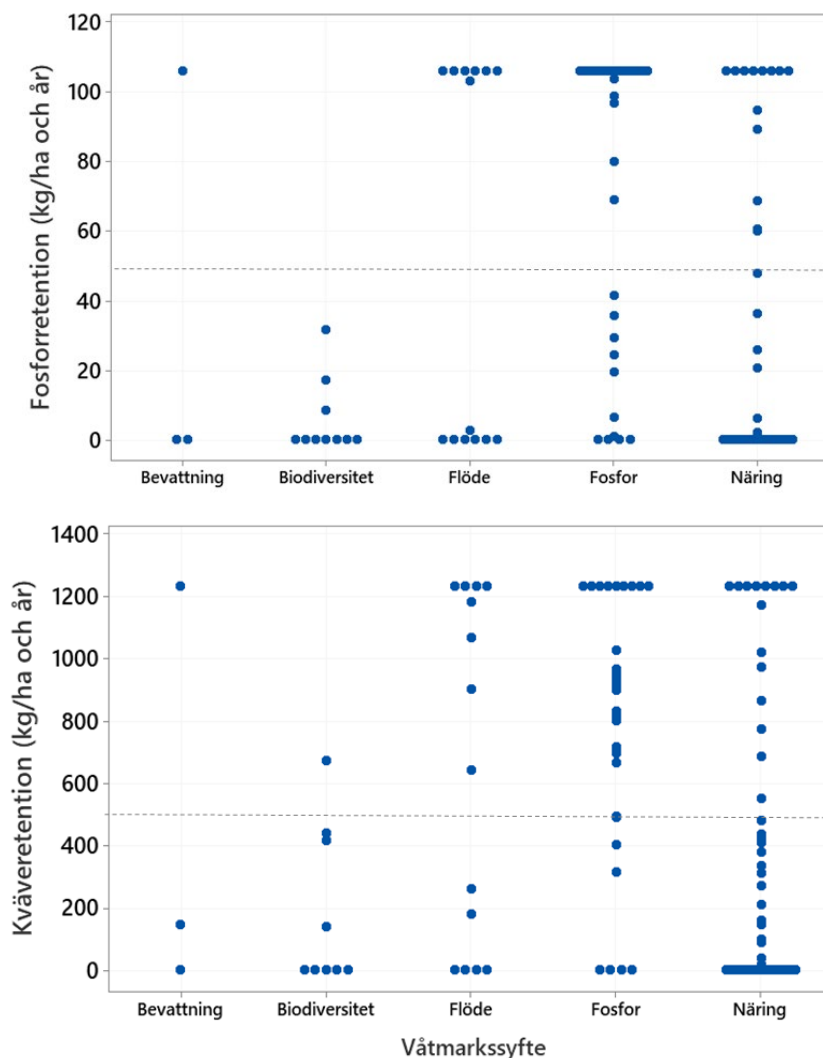
Figur 6. Totalkostnaden för våtmarksprojekt som erhållit LOVA-stöd uppdelat per huvudsyfte.



Figur 7. Ovan andelen konstruktionskostnad av den totala kostnaden för våtmarken och nedan utbetalt LOVA-stöd som procent av våtmarkens totala kostnad uppdelat per våtmarkssyfte.

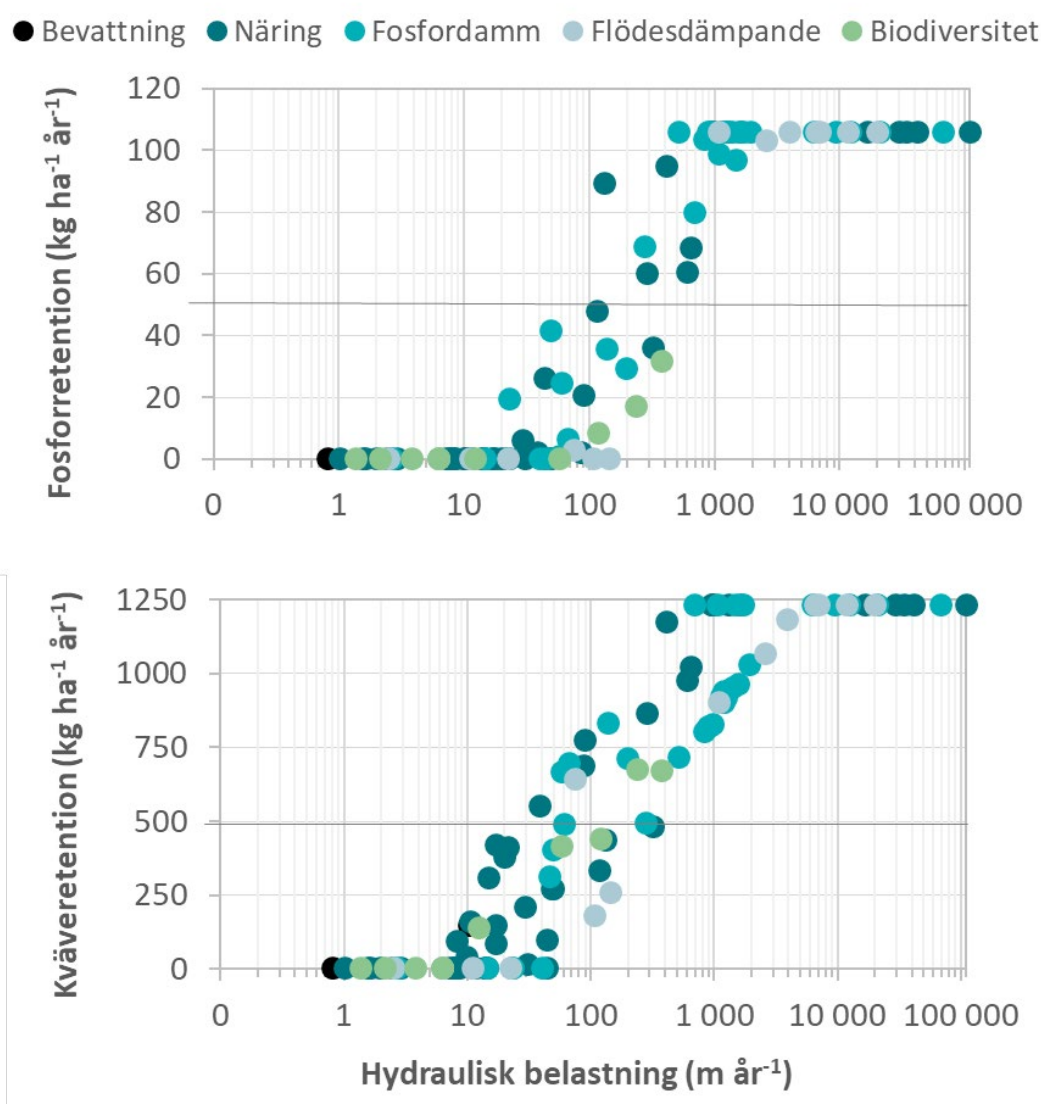
3.2.5 Potentiell näringsretention

Även om huvudsyftet var näringsretention var det 37 % respektive 61 % av de 51 våtmarkerna som hade minimal rening av kväve respektive fosfor på grund av för låg näringsbelastning (figur 8). Det samma gällde för 15 % av de 34 fosfordammarna. Däremot hade en bevattningsdamm mycket hög potentiell rening av både kväve och fosfor och några av de flödesdämpande dammarna. Näringsretentionen anses hög om den överskrider 50 kg P ha⁻¹ år⁻¹ respektive 500 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Det var några få våtmarker och dammar som beräknades ha så hög näringsretention (figur 8) och samtidigt inte vara för små.



Figur 8. Kväve- och fosforretention i de våtmarker och dammar som anlagts med LOVA-stöd 2017-2021. Våtmarkernas huvudsyfte var näringsrening eller biologisk mångfald och dammarna anlades för bevattning fosfor eller flödesdämpning.

Endast en fosfordamm och två våtmarker hade en hög fosforrening och en hydraulisk belastning mindre än 300 m per år (figur 9). Detta innebär att fosforreningen troligen är överskattad i dem. Av våtmarkerna var det 16 st som hade hög potentiell kväverening, men hälften av dem var sidodammar där den uppskattade reningen blir osäker. Den modellerade hydrauliska belastningen var mycket hög, men motsvarar inte hur mycket vatten de egentligen mottar eftersom information om hur stort delflöde som leds in i våtmarken inte fanns.



Figur 9. Fosfor- och kväveretention i relation till den hydrauliska belastningen uppdelat per huvudsyfte. Observera logaritmisk skala för hydraulisk belastning. De grå horisontella linjerna indikerar hög retention.

3.3 Kostnadseffektivitet

Kostnadseffektiviteten är kopplad till både till totala kostnaden och även våtmarkernas näringsretention under tio år. Eftersom många av våtmarkerna, mottog en låg näringsbelastning och därmed renade lite näring innebar det att de var väldigt ineffektiva. Ingen hänsyn togs till den hydrauliska belastningen, vilket innebär att reningen är överskattad i beräkningen för kostnadseffektivitet. Även om huvudsyftet var näringsretention låg de flesta våtmarkerna (24 st respektive 31 st) i de högsta kostnadsklasserna för kväve respektive fosfor, dvs >500 kr kg^{-1} N respektive >5000 kr kg^{-1} P (tabell 2). Endast 3-4 st låg i de mest kostnadseffektiva klasserna (<50 kr kg^{-1} N och <500 kr kg^{-1} P). Av fosfordammarna låg endast 7 st i den högsta fosforkostnadsklassen.

Tabell 2. Antal våtmarker för näringsretention och fosfordammarna uppdelade per kostnadsklass (kr/kg) för kväve respektive fosfor med förväntad livslängd på 10 år.

Kostnadsklass (kr kg N ⁻¹)	Våtmarker (st)	Dammar (st)	Kostnadsklass (kr kg P ⁻¹)	Våtmarker (st)	Dammar (st)
<50	4	11	<500	3	7
50-100	6	8	500-1000	4	9
100-200	8	7	1000-2000	3	10
200-300	1	3	2000-3000	1	1
300-400	3	0	3000-4000	3	0
400-500	2	1	4000-5000	3	1
>500	24	10	>5000	31	6

4. Diskussion

Var våtmarker och fosfordammar placeras och hur de dimensioneras har en avgörande betydelse för förmågan att rena näring. Denna insamling och analys av uppmätt kväveretention i svenska våtmarker har möjliggjort framtagning av kartunderlag (GIS-raster) med modellerad kvävebelastning och potentiell kväveretention för hela Sverige. Dessa kartor har levererats till Havs- och vattenmyndigheten och kommer kunna användas för att optimera framtida våtmarkers placering för att förbättra vattenkvaliteten i våra vatten. Underlagen kan dessutom användas för att utvärdera befintliga våtmarker och dammar, t ex så som vi har utvärderat våtmarker och dammar finansierade med LOVA-stöd under 2017-2021.

Utvärderingen av 112 LOVA-våtmarker och dammar visade precis som tidigare utvärderingar (Brandth et al. 2009; Djodjic et al 2022) att få anlagda våtmarker är rätt placerade eller dimensionerade för hög näringsrening. Av de 51 LOVA-våtmarker med huvudsyfte näringsretention var det endast 31 % respektive 27 % som hade hög potentiell kväve- respektive fosforretention. Det var betydligt fler fosfordammar som var rätt placerade (68 % av 34), men de var å andra sidan för små för att kunna ta emot allt vatten. Alla utom en fosfordamm med uppskattad hög fosforretention (mer än 50 kg fosfor per ha vattenyta) hade en hydraulisk belastning högre än 300 m per år, vilket gör att dessa fosfordammars retention troligen överskattas. Sammantaget innebär det att endast ett fåtal våtmarker och dammar har både bra placering och storlek, och därmed har en hög kostnadseffektivitet. De flesta andra våtmarkerna i denna studie är inte kostnadseffektiva.

För att öka kostnadseffektiviteten i framtida våtmarker och dammar som finansieras med LOVA-stöd, bör det finnas tydliga placerings- och dimensioneringskriterier. För att få LOVA-stöd står det att våtmarken ska förbättra vattenkvaliteten och vara

kostnadseffektiv. Det finns dock inga kriterier för vilken storlek eller placering våtmarken bör ha för att uppfylla detta. Det behövs därför tydliga storleks- och placeringskriterier för att säkerställa våtmarkernas reningsförmåga. Används schabloner att alla våtmarker renar en viss procent kväve och fosfor (från tex VISS), blir det väldigt missvisande då ingen hänsyn tas till inflödande näringsmängd. De kartlagren med näringsbelastning som tagits fram i detta projekt visar tydligt var behovet är stort och vilken näringsbelastning en tilltänkt våtmark kommer att mottaga. Detta ger en större säkerhet i uppskattningen av en potentiell näringsrening som tillsammans med anläggningskostnaden kan användas för att även beräkna kostnadseffektiviteten.

Analysen av högfrekventa mätningar av näringsretention i våtmarker visade på vikten av rätt placering, men kunde inte fastställa en optimal hydraulisk belastning för kväve. Befintliga mätningar har finansierats genom kortsiktiga lokala satsningar (t.ex. LOVA i Kalmar) eller kortsiktiga forskningsprojekt. Ofta började mätningarna något år efter att våtmarken anlagts och pågick under några få år och bara ett par våtmarker har följts upp samtidigt. Detta gör det svårt att jämföra reningsförmågan då årsvariationerna är så stora samtidigt som våtmarkens ålder påverkar funktionen. Det behövs kontinuerliga, parallella och långsiktiga mätningar i fler våtmarker med olika hydraulisk belastning för att kunna få en bättre uppskattning på långsiktig näringsretention, skötselbehov och optimerad våtmarksstorlek. Flödesproportionella prover är bra för att utvärdera säongs- och årsvariationer men för att fastställa en gräns i hydraulisk belastning bör användningen av högfrekventa sensorer utvärderas samt försök under kontrollerade förhållanden. Dessutom bör reningsförmågan i sidodammar utvärderas. Därför föreslås att högfrekventa mätningar i våtmarker tas upp under ett långsiktigt nationellt uppföljningsprogram där näringsrening tillsammans med flera ekosystemtjänster som kolinlagring och biologisk mångfald kan undersökas samtidigt samt riskerna för ökade utsläpp av växthusgaser och metaller som kvicksilver.

Optimera näringsrening i våtmarker

- **Våtmarksplacering:** För att våtmarker ska rena mycket näring är det viktigt att de placeras i områden med höga näringsförluster. Ofta sammanfaller detta med en hög andel åkermark i våtmarkernas tillrinningsområde. Beroende på jord kan förlusterna av fosfor vara höga men kväve lågt. Använd därför kartunderlagen (<https://arcg.is/14vmmX0>) för att uppskatta reningspotentialen.
- **Våtmarksstorlek:** För optimerad fosforretention bör den hydrauliska belastningen (vattenföring genom våtmarksareal) vara ungefär 100 m per år. För optimerad kväveretention har inte samma gräns erhållits.
- **Anläggningssätt:** Det är viktigt att schakta bort näringsrik matjord för att inte våtmarken ska bli en fosforkälla. Gör en riskbedömning.
- **Skötselbehov:** Ackumulerat sediment behöver grävas ur, men tidsintervallet varierar beroende på tillförseln av partiklar.

5. Slutsatser

Följande rekommendationer för våtmarkers placering och utformning ges:

- Det behövs tydligare kriterier för våtmarkers placering och storlek vid ansökan av LOVA-medel för att säkerställa att framtid våtmarker och fosfordammar blir mer kostnadseffektiva.
- Näringsretentionen varierar kraftigt mellan olika år då den styrs av näringsbelastningen, våtmarker bör därför placeras i områden med hög näringsbelastning.
- Den hydrauliska belastningen är också viktig, för att optimera för fosforretention bör inte den hydrauliska belastningen överstiga 100 m per år (dvs 100 m³ inflöde per m² våtmark). En övre gräns för kväverening behöver utredas vidare.
- Det framtagna kartunderlaget som visualiserar på vilka platser kvävebelastning och följaktligen kväveretentionen är hög och dessutom beräknar våtmarkers potentiella kväveretention, kan öka framtida våtmarker och dammars förmåga att rena kväve. Kartunderlaget har tagits fram för hela Sverige och bör användas vid projekteringar.
- Kartunderlagen har levererats till Havs- och vattenmyndigheten och Jordbruksverket, dessa GIS-raster behöver snarast tillgängliggöras för alla som önskar jobba med GIS. Det borde tillgängliggöras som mer överskådliga vektordata.
- Författarna har i augusti 2025 lanserat en webplattform (<https://arcg.is/14vmmX0>) som inte kräver GIS-kunskap hos slutanvändarna. Den är dock begränsad till våtmarker mellan 0,1 och 5 ha.
- Dataunderlaget för utvärdering av våtmarkers långsiktiga kvävereningsförmåga 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 effektuppföljningsprogram där flera ekosystemtjänster som fosforretention, kolinlagring och biologisk mångfald också kan undersökas samtidigt samt riskerna för ökade utsläpp av växthusgaser och metaller som kvicksilver.

- För att fastställa vilken dimensionering, optimal hydraulisk belastning, som leder till hög näringsretention bör det utredas om högfrekventa sensormätningar av turbiditet och nitrat kan användas som uppföljningsmetod.

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., H. Markensten, K. Persson & P. Geranmayeh. 2025. Våtmarkernas potential - Uppskattad potential att rena näringsämnena i Sverige. (<https://arcg.is/14vmmX0>) 20250828.
- Enhäll, J. 2011. Arrendepriser på jordbruksmark 2010. Statistiska meddelanden, JO 39 SM1101.
- Fredricsson E. 2024. Utvärdering av fosfordammars utformning och placering, anlagda med LOVA bidrag. Examensarbete UPTEC W 24037. Uppsala universitet & Sveriges lantbruksuniversitet.
- 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.
- Johansson A. 2024. En undersökning av näringsretention och kostnadseffektivitet i LOVA-våtmarker. Examensarbete UPTEC W 24009. Uppsala universitet & Sveriges lantbruksuniversitet.
- Johnsson H., K. Mårtensson, A. Lindsjö, K. Persson, Y.A. Rangel, & K. Blombäck. 2019. *Läckage av näringsämnena från svensk åkermark – Beräkningar av normalläckage av kväve och fosfor för 2016*. SMED, Rapport 5, Norrköping.
- Nilsson J., A. Liess & S. Weisner. 2020. *Näringsavskiljning i anlagda våtmarker i Kalmar län*. Länsstyrelsen i Kalmar län.
- Nilsson J., S.E.B. Weisner & A. Liess. 2023. *Wetland nitrogen removal from agricultural runoff in a changing climate*. Science of the Total Environment 892: 164336.
- 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.