

## Examensarbete

# Potentiell kväve-och fosforretention i våtmarker på södra Öland



0 0,13 0,25 0,5 kilometer

ULLEVI STOR

*Författare:* Viktoria Nilsson  
*Handledare:* Börje Ekstam  
*Examinator:* Jarone Pinhassi  
*Termin:* VT20  
*Ämne:* Biologi  
*Nivå:* Kandidat  
*Kurskod:* 2BI01E

## Sammanfattning

Våtmarker kan vara ett kostnadseffektivt sätt att reducera den stora mängden näringsämnen som varje år läcker från land ut i Östersjön. I den jordbrukstäta kommunen Mörbylånga på Öland har hittills få åtgärder gjorts för att minska näringsläckaget. Av denna anledning startade Ölands vattenråd tillsammans med Mörbylånga kommun våren 2020 ett pilotprojekt för att utreda möjliga miljöeffekter av att skapa våtmarker inom kommunen. Detta examensarbete syftar till att undersöka den potentiella retention av kväve-och fosfor i fem olika lokaler samt undersöka hur retentionseffektivitet påverkas av storleken (volymen) på våtmarkerna. För att beräkna retention användes Jordbruksverkets retentionsmodeller skapade för våtmarker i södra Sverige. Sambanden mellan retention och våtmarksvolym undersöktes genom regressionsanalys. Våtmarkernas arealspecifika-och relativa retention jämförs och rangordnas, liksom våtmarkernas vattenmagasineringspotential.

Resultatet visar att våtmarkers totalretention (kg/år) blir större med ökad våtmarksvolym medan den arealspecifika retentionen (kg/ha och år) blir mindre. Per år kan 830-2655 kg kväve och 14-115 kg fosfor avskiljas i de förslagna våtmarkerna. Störst årlig retention sker i de till ytan största våtmarkerna. Rangordningen för högst total retention av både fosfor och kväve följer våtmarkernas volym i storleksordning från största till minsta. Den arealspecifika retentionen blir 36-760 kg kväve/ha och år och 1,6-115 kg fosfor/ha och år. Högst arealspecifik retention sker i de till ytan mindre våtmarkerna. Rangordningen för arealspecifik retention följer våtmarkernas storlek från minsta volym till största. Resultatet speglar tidigare studier som visat att högre belastning av näringsämnen per ytenhet ökar retentionseffekten. Mindre våtmarker mottar ofta en högre belastning/ha än stora och blir således effektivare per ytenhet. För att minska näringsläckaget till Östersjön kan alltså fler mindre våtmarker på Öland vara mer effektiva än enstaka stora med motsvarande yta.

## Abstract

Created wetlands can be a cost efficient way to reduce the nutrients that leaks from land into the Baltic Sea every year. The municipality Mörbylånga in southern Sweden mostly consist of agriculture land which contributes to a high amount of the nutrient leakage, and so far there have not been enough actions taken to try to reduce it. This is something the municipality together with Ölands water council wants to change starting by investigate the possibilities to create wetlands in different locations. With their collaboration I've investigated five different locations in Mörbylånga municipality to see if these are suitable for wetland creation. This was examined by ascertain the potential nutrient retention and water storage capacity and to examine a potential relationship between the two factors. Retention calculating models was used to find out the retention potentials and relationships between retention and water volume was examined by using regression analysis. The results shows a clear difference between wetlands total retention and the retention by space unit. The total retention increases with increased water volume while the retention kg/ha and year decreases with increased water volume.

830-2655 kg nitrogen and 14-115 kg phosphorus can be separated from the proposed wetlands per year where the highest separations is obtained in the largest wetlands. The area-specific retention reaches 36-760 kg N/ha and year and 1,6-115 kg P/ha and year. The biggest area-specific retention is obtained in the wetlands with the smallest volumes. This reflects results obtained in earlier studies where it has been shown that higher nutrient load increases the retention/space unit. Smaller wetlands usually receives a higher load/ha and so gives a higher retention/space unit. For reaching an effective nutrient retention on Öland, many smaller wetlands would be to prefer over a large if the total wetlands area are of similar size.

**Keyword:** wetland, nutrient, phosphorus, nitrogen, retention, waterstorage, Öland

**Nyckelord:** våtmark, näringsläckage, fosfor, kväve, retention, vattenmagasinerings, Öland.

**Tack:** Tack till Michael Ingard på Mörbylånga kommun och Roland Engkvist på Ölandsvattenråd för ett gott samarbete! Jag vill även rikta ett stort tack till Börje Ekstam, min handledare i detta arbete samt en stor inspirationskälla under min utbildning.

### **Innehållsförteckning**

<b>1 Inledning</b>	<b>4</b>
<i>Bakgrund</i>	4
<i>Syfte</i>	5
<b>2 Metod</b>	<b>7</b>
<i>Lokaler</i>	7
<i>Delavrinningsområden</i>	8
<i>Våtmarksytor och retentionsberäkning</i>	8
<i>Statistik</i>	9
<b>3 Resultat</b>	<b>9</b>
<i>Belastning, retention och rangordning</i>	9
<i>Magasineringspotential och rangordning</i>	10
<i>Kväveretention och vattenmagasinerings</i>	11
<i>Fosfor och vattenmagasinerings</i>	12
<b>4 Diskussion</b>	<b>13</b>
<i>Kväve</i>	13
<i>Övriga prioriteringsfaktorer</i>	16
<b>5 Referenser</b>	<b>17</b>

# 1 Inledning

## Bakgrund

Varje år tar Östersjön emot ca 32 000 ton fosfor och 800 000 ton kväve (HELCOMS 2015). Stora transporter av näringsämnen ut i havet har resulterat i övergödningseffekter med allvarliga konsekvenser så som syrefria bottenar, algbloomningar och regimskiftet i ekosystemet (Gustavsson m.fl, 2012). Det finns därför behov av att minska näringsläckaget till Östersjön, som till stor del härstammar från jordbruket (Larsson och Granstedt, 2010). Jordbruket uppskattas stå för 53 % av kväveläckaget och 40 % fosforläckaget till Östersjön (Jordbruksverket 2016). Ett sätt att minska belastningen är att anlägga/restaurera våtmarker. En stor del av de förut naturligt förekommande våtmarkerna i Sverige dikades ut under 1700- och 1800 talet för att ersättas av odlingsmarker, detta för att kunna föda landets växande befolkning. Tillsammans med dikningar i skogsbruket har det lett till att 1/4 av de naturliga våtmarkerna i Sverige helt har försvunnit och 2/3 har hydrologiskt skadats (Kjellson m.fl, 2018). Torrläggningar av sjöar och våtmarker har reducerat landskapets förmåga att kunna rena och lagra vatten vilket bidragit till att näringsämnen förs rakt ut i havet med få uppehåll på vägen.

Konstruerade våtmarker är ett kostnadseffektivt sätt att minska näringsläckaget och kan vid rätt utförande och placering avskilja 1000 kg kväve och 100 kg fosfor per hektar våtmarksyta och år (Weisner m.fl, 2015). När det strömmande vattnet når våtmarken sprids det ut över en stor yta vilket bromsar flödet varvid partiklar långsamt sedimenterar innan de når utloppet. Genom sedimentation skiljs partikelbundna näringsämnen. Retention sker också mikrobiell assimilering och det direkta upptaget av växter (Song m.fl. 2019). Tidigare studier visar att en våtmarks retentionseffektivitet beror av dess utformning och placering. Våtmarker anlagda med huvudsyfte att rena växtnäring, och som optimerats för detta ändamål har visat sig vara mer effektiva än våtmarker anlagda för andra huvudsyften, så som biologisk mångfald (Weisner och Thiere, 2010). För effektiv näringsavskiljning bör våtmarken bland annat placeras i områden med hög näringsbelastning och utformas så att en hög hydraulisk effektivitet uppnås, vilket gör att hela våtmarkens yta utnyttjas (Jordbruksverket, 2004).

Våtmarkernas effektivitet påverkas också av regionala skillnader i klimat-och markförhållanden. På Öland, där denna studie utförts skiljer sig klimatförutsättningarna från fastlandet genom låg nederbörd, stor vindexponering och många soltimmar, som ger hög avdunstning (Ekstam, 2001). Detta tillsammans med markens dåliga förmåga att hålla kvar vatten under sommarhalvåret bidrar till återkommande problem med torka på Öland (Sand-Jensen. m.fl. 2015). Därav finns det behov av ökad vattenmagasinering på ön, speciellt för lantbrukarna. Våtmarker med huvudsyfte näringsretention men som också bidrar till att magasinera vinterns överskottsvatten är därför vara önskvärt.

För att uppnå effektiv retention av kväve och fosfor spelar olika faktorer in, en och samma våtmark är nödvändigtvis inte lika effektiv på att rena båda. Fosfor

förekommer som regel i partikelbunden form och behöver djupare partier, gärna nära inloppet för att hinna sedimentera. Alltså bör vattenmagasiner och god fosforretention vara möjliga att uppnå i samma våtmark (Braskerud, 2002). Kväve förekommer i våtmarken som löst kvävgas ( $N_2$ ), nitrat ( $NO_3^-$ ), nitrit ( $NO_2^-$ ) och ammonium ( $NH_4^+$ ) samt bundet i organiska föreningar. Kväveavskiljningen i en våtmark sker till största delen genom denitrifikation, en process där löst nitrat omvandlas till kvävgas (van der Valk, 2012). I rörligt syrerikt vatten bildas nitrat genom att ammonium oxiderar, en process som kallas nitrifikation. Denitrifikationen sker i syrefria miljöer. I grunda vatten med riklig växtlighet, torv- och gyttjebottnar uppstår syrefattiga förhållanden under natten. Det uppstår även småskaliga gradienter av sjunkande syregashalt i gränsskikt över biofilmer och andra ytor, så kallade "boundary layers". Detta då det förbrukas mer syre i respirationsprocesserna än vad som tillförs (Ricklefs och Relyea, 2015). Det innebär att även under dagtid finns mikrohabitat med denitrifikationsprocesser i grunda våtmarker. Under nattetid avstannar fotosyntesens syreproduktion vilket gör att volymen av syrefattiga gränsskikt blir större än under dagtid. I dessa miljöer sker då denitrifikation, där nitraten omvandlas och frigörs som löst kvävgas vilket återgår till luften, och således lämnar våtmarken helt.

När det gäller kväveretention föreslår flera studier att stor volym är viktigt och att större våtmarker därför är att föredra över små (Song m.fl. 2019, Kossay m.fl. 2013). Merparten av de våtmarker som hittills anlagts i Sverige har sett till ytan varit små, något som kritiserat då det alltså antas att stora våtmarker skulle vara mer effektiva (Naturvårdsverket 2009). Andra studier talar dock för det motsatta, att små våtmarker är effektivare då de får en högre belastning av näringsämnen per ytenhet (Cheng och Basu, 2017). Högre belastning har visat sig ge en högre areaspecifik retention (kg/ha och år) i små våtmarker, men en låg relativ retention (andel av totalbelastning) jämfört med en stor våtmark som mottar samma belastning näringsämnen (Davidsson m.fl. 2005). Att det finns en oenighet kan bero av vad huvudsyftet för våtmarkerna är. Är syftet att rena så många kilo som möjligt från att nå Östersjön är en hög areaspecifik retention att eftersträva vilket troligen erhålls i mindre våtmarker. Om syftet istället är att t.ex. rena dagvatten eller att förbättra vattenkvaliteten i en badvik med begränsad vattenomsättning så är en stor våtmark med hög relativ retention mer fördelaktig.

## Syfte

Frågan om det finns förutsättningar att skapa våtmarker för näringsretention på södra Öland har väckts av Ölands vattenråd och Mörbylånga kommun. Av denna anledning startades ett gemensamt pilotprojekt våren 2020 med syfte att undersöka den potentiella näringsretentionen i tänkbara våtmarker inom Mörbylånga kommun. Undersökningen syftar också till att vara ett planeringsunderlag och stöd för prioriteringar vid anläggning av våtmarker i Mörbylånga kommun. I studien undersöks fem olika lokaler med totalt 7 varianter av våtmarker.

Den potentiella retentionen av fosfor och kväve beräknas med hjälp av empiriska modeller som utvecklats för våtmarker i södra Sverige (Weisner m.fl. 2015). I kvävemodellen förklaras retentionen av belastningen på våtmarken uttryckt i kg N

per ha och år. Fosformodellen förklaras av belastningen uttryckt i kg P per ha och år, samt våtmarkens längd/bredd förhållande, hydraulisk belastning och inloppstyp. För att beräkna näringsbelastningen avgränsas avrinningsområdena till våtmarkerna. Våtmarkernas tillrinningsområden urskiljs och avgränsas i större delavrinningsområden genom att studera dikesdragningar och topografiska nivåskillnader (SMHI, vattenkartan). Med information om belastning på våtmarkerna och deras volym beräknas retentionspotential där arealspecifik retention (kg/ha och år) och relativ retention (retention/belastning) jämförs och vattenmagasineringskapacitet uppskattas.

Genom regressionsanalys undersöks sambandet mellan näringsretention av kväve, - respektive fosfor och våtmarksvolym. Syftet är att kvantifiera hur retentionen påverkas av våtmarkers volym och om målen för näringsretention och vattenmagasinerings sammanfaller. Om regressionsmodellerna visar att det finns starka samband för de undersökta våtmarkerna kan volym användas för att enkelt uppskatta potentiell retention i andra tänkbara våtmarkslägen på södra Öland.

Undersökningen syftar alltså till att bidra med planeringsunderlag och att vara ett stöd för prioriteringar vid anläggning av våtmarker i Mörbylånga kommun. Utöver retention och magasinering kommer faktorer så som biologisk mångfald, landskapsförsköning och rekreation att diskuteras som övriga faktorer som kan öka våtmarkernas värde vid en framtidig prioriteringsklassning baserad på kostnadseffektivitet.



## Delavrinningsområden

Varje våtmarkslokals delavrinningsområde (DARO) identifierades mha vattenkartans GIS-verktyg (Viss, Länsstyrelsen). Inom varje sådant DARO avgränsades den föreslagna våtmarkens avrinningsområde (VARO). Vattendelarna urskildes genom att studera dikesdragningar och topografiska nivåskillnader. För varje lokals hela DARO erhöles information om markanvändning, årlig vattenföring och total kväve/fosfor belastning per månad fram (Vattenwebb.SMHI. 2020). För vattenföring beräknades först ett medelvärde av årlig vattenföring i m<sup>3</sup>/år för totalt 15 år (2004-2018) för DARO, detta multiplicerades sedan med VARO's andel av DARO för en teoretisk avrinning till utloppet av våtmarken. För kväve-och fosfortransport användes ett medelvärde för respektive månad, kg/mån, för totalt 11 år, 2008-2018 (Vattenwebb.SMHI. 2020). Dessa uppgifter multiplicerades sedan med VARO andel av DARO för att uppskatta belastningen på respektive våtmark.

## Våtmarksytor och retentionsberäkning

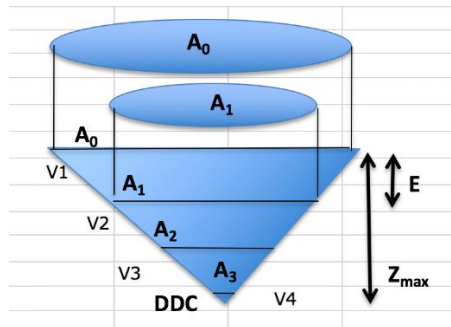
Retentionsmodeller för våtmarker i södra Sverige (Weisner m.fl. 2015) användes för att beräkna fosfor-och kväveretention i de föreslagna våtmarkerna. För kväve modellen används våtmarkens kvävebelastning (kg N/ha och år) som förklaringsvariabel och för fosfor används våtmarkens fosforbelastning (kg P/ha och år), våtmarkens längd/bredd-förhållande, hydraulisk belastning (M) samt våtmarkens inloppstyp. För kväveretention finns 4 olika modeller framtagna som används beroende på mängden kväve våtmarken mottar. Modellerna Nret1 och Nret2 används vid belastningar högre än 4500 kg/ha och år. För belastning lägre än 4500 kg kväve/ha och år används en alternativ modell "Nret1 alternativ" och för belastning lägre än används modellen "Nret2 alternativ" 1000 kg kväve/ha och år. För fosforretention finns två modeller, Pret1 och Pret2. Modellen Pret1 är framtagen för våtmarker med fosforbelastning mellan 34-440 kg/ha och år vilket är betydligt högre än belastningen till lokalerna i denna studie, med undantag för lokalen i Karlevi. För lågt belastade våtmarker blir fosforfastläggningen oralistisk hög med Pret1 (mer P avskiljs än vad som tillförs) och därför användes istället modellen Pret2 till 6 av de 7 föreslagna våtmarkerna, vilken är anpassade även för lägre belastning.

Hypotetiska våtmarksytor skapades i Arc GIS pro genom att studera höjdkurvor och terräng mha GSD-höjddata, grid 2+ med GSD-ortofoto, 0,25 m som bakgrundsbild (Lantmäteriet, 2017). Beräknad avrinning i VARO dividerades med våtmarksytorna för att få fram den hydrauliska belastningen. Från SMHI vattenwebben, (modellldata per område) erhöles uppgifter om de föreslagna våtmarkernas respektive delavrinningsområdets lokala vattenföring, yta samt kväve och-fosfor belastning/månad. Årliga medelvärden beräknades för 11-års perioden 2008-2018. Uppgifter om årlig vattenföring och kväve-och fosfortransporter användes sedan för att beräkna belastning på våtmarkerna. Inom de föreslagna våtmarksytorna beräknades våtmarkens längd samt medelbredd genom att mäta bredden var 10 meter. Höjdkurvor inom de föreslagna våtmarksytorna användes för att beräkna våtmarkernas potentiella vattenmagasineringsvolym.

Våtmarkernas volym beräknades med hjälp av höjdkonturkurvor (Figur 3).



Exempel: Volymen mellan arean för vattenytan  $A_0$  och närmst underliggande konturlinje  $A_1$  beräknades genom att multiplicera deras medel area med konturintervallet ( $E$ ),  $V_1 = ((A_0 + A_1) * E) / 2$  och den slutliga volymen,  $V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$ . Volymen användes för att uppskatta vattenmagasineringskapacitet i respektive våtmark.



Figur 3. Volymberäkning där  $V$ =volym,  $A$ = area,  $DDC$ = deepest depth contour,  $E$ = avstånd mellan konturlinjerna och  $Z_{max}$ = max djup. (Efter Ekstam 2019).

## Statistik

För samtliga våtmarksförslag testades sambandet mellan N-respektive P retention och vattenvolym med linjär regressionsanalys. För sambandet mellan areaspecifik N-retentionen (kg N/ha och år) och vattenvolym log-transformerades båda axlarna för att linjärisera ett annars kurvformigt samband. Sambandet mellan P-retention (kg P/år) och vattenvolym log-transformerades y-axeln och för den areaspecifika retentionen (P/ha och år) log-transformerades båda axlarna.

## 3 Resultat

### Belastning, retention och rangordning

Högst relativ retention av kväve (andelen av belastningen) uppnås i den mindre varianten av den största våtmarken Ullevi, där 18 % av belastningen uppskattas kunna avskiljas, se tabell 1. För våtmarkerna med ytor mellan 4,4 och 12 ha är den relativa retentionen runt 13 %. Högst areaspecifik retention, kg N/ha och år, uppnås i våtmarken Karlevi där 760 kg N/ha och år uppskattas kunna avskiljas. Karlevi har också högst belastning (kg N/ha och år). Övriga våtmarker rangordnar sig efter Karlevi i avtagande belastningsordning, se tabell 1.

Tabell 1. De föreslagna våtmarkernas yta i hektar, belastning av kväve i kg/år och kg/ha och år. Våtmarkerna är rangordnade efter högst relativ retention. Den totala (kg/år)- och den areaspecifika retentionen (kg/ha och år) är rangordnade i sifferordning på respektive kolumns högersida där 1 står för högst retention.

Våtmarker	Yta (ha)	Belastning		Relativ retention %	Total retention N kg/år	Rangordning	Areaspecifik retention Kg N/ha år	Rangordning	Retentions modell
		N kg/år	kg N/ha år						
Ullevi stor	72	14755	205	18,0	2656	1	36	7	$\bar{x}$ Nret 1 +Nret 2
Ullevi liten	52	14755	283	18,0	2655	2	51	6	Nret 2
Kleva stor	12	8232	686	13,2	1088	3	91	5	$\bar{x}$ altNret 1 +altNret 2
Råbäcken	8,52	6279	737	13,2	830	6	97,5	4	$\bar{x}$ altNret 1 +altNret 2
Mellstaby	7,8	6503	826	13,2	860	5	109	3	$\bar{x}$ altNret 1+ altNret 2
Kleva liten	4,4	8232	1870	12,9	1058	4	241	2	Nret 2 alternativ
Karlevi	0,12	1488	12281	6,2	92	7	760	1	Nret 2 alternativ

För fosfor uppnås högst relativ retention i den högst belastade våtmarken Karlevi där 65 % av belastningen uppskattas kunna avskiljas. Övriga våtmarker har en relativ retention mellan 44-46%, se tabell 2. Högst areaspecifik fosfor retention uppnås i Karlevi där 115 kg P/ha år uppskattas kunna avskiljas, se till höger i tabell 2. Övriga våtmarker rangordnar sig efter mängden näringsämnen som belastar våtmarken.

Tabell 2. De föreslagna våtmarkernas yta i hektar, belastning i kg P/år, belastning i kg P/ha och år rangordnade efter våtmarken med högst relativ retention. Total retention kg P/år och areaspecifik retention kg P/ha och år är rangordnade i respektives högra kolumn i sifferordning där 1=högst retention.

Våtmark	Yta (ha)	Belastning kg P/år	Belastning Kg P/ha år	Relativ retention %	Total retention kg P/år	Rangordning	Areaspecifik retention Kg P/ha år	Rangordning	Retentions- modell
Karlevi	0,12	21	176	65	14	6	115,9	1	Medel Pret 1+ Pret2
Ullevi liten	52	252	4,8	46	115	1	2,22	6	Pret 2
Ullevi stor	72	252	3,5	46	115	1	1,6	7	Pret 2
Kleva stor	12	108	9	46	50	2	4,11	5	Pret 2
Kleva liten	4,4	108	25	45	49	3	11	2	Pret 2
Råbäck en	8,52	101	11,9	45	46	5	5,4	4	Pret 2
Mellsta by	7,8	105	13	46	48	4	6	3	Pret 2

## Magasineringspotential och rangordning

Störst vattenmagasinering per total yta erhålls i den stora varianten av Ullevi

våtmark. Magasineringskapaciteten rangordnar sig efter våtmarkens yta i ha, se tabell 3. Störst magasinering per hektar får man i den lilla varianten av Ullevi och övriga rangordnar sig efter våtmarkernas djup/ ytenhet, se tabell 4.

Tabell 3, De föreslagna våtmarkernas maximala vattenmagasineringskapacitet, m<sup>3</sup>, per total våtmarksyta rangordnade från största till minsta volym.

Våtmark	Yta (ha)	Vattenmagasineringskapacitet (m <sup>3</sup> )
Ullevi stor	72	219476
Ullevi liten	52	159776
Kleva stor	12	22930
Råbäcken	8,52	15888
Mellstaby	7,8	10363
Kleva liten	4,4	6330
Karlevi	0,12	271

Tabell 4, De föreslagna våtmarkernas maximala vattenmagasineringskapacitet i m<sup>3</sup>/ha rangordnade från största till minsta volym.

Våtmark	Yta (ha)	Vattenmagasineringskapacitet (m <sup>3</sup> /ha)
Ullevi liten	52	3073
Ullevi stor	72	3048
Karlevi	0,12	2258
Kleva stor	12	1911
Råbäcken	8,52	1865
Kleva liten	4,4	1439
Mellstaby	7,8	1329

### Kväveretention och vattenmagasineringskapacitet

Sambandet mellan totala kväveretentionen ( $N_{TR}$ , kg N/år) och vattenvolym ( $V$ , m<sup>3</sup>) för de undersökta våtmarkerna kan beskrivas med:

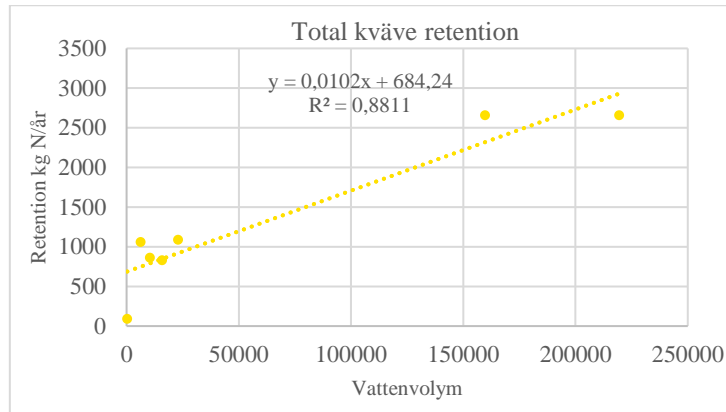
$$N_{TR} = 684,24 + 0,0102V$$

Sambandet visar att retentionen ökar 10 g per m<sup>3</sup> ökad vattenvolym (Figur 4,  $F_{1,5}=37,4$ ,  $p=0,0017$ , linjär regression). Modellen förklarar 88 % ( $R^2=0,8811$ ) av variationen i total kväveretention.

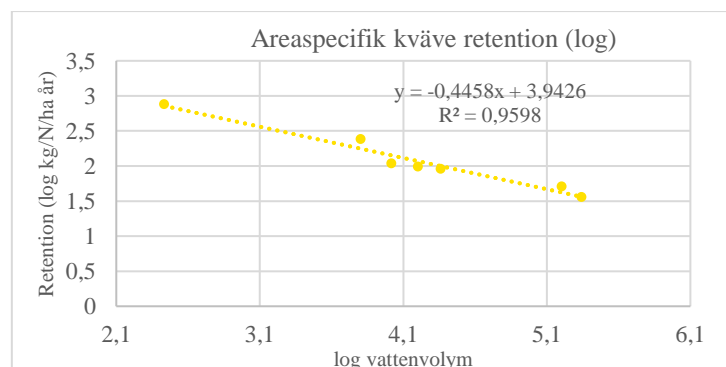
Den arealspecifika kväveretentionen ( $N_{ASR}$ , kg N/ha och år) minskar med ökad vattenvolym ( $V$ , m<sup>3</sup>, Figur 5,  $F_{1,5}=119,4$ ,  $p=0,00011$ , linjär regression). Sambandet kan beskrivas med

$$\log N_{ASR} = 3,9426 - 0,4458 \log V$$

Modellen förklarar 96 % ( $R^2=0,9598$ ) av variationen i arealspecifik kväveretention.



Figur 4. Total kväveretention ( $N_{TR}$ ) som funktion av vattenvolym ( $V$ ,  $m^3$ ). Våtmarken med lägst  $N_{TR}$  är Karlevi med 92 kg N/år med vattenvolymen 271  $m^3$  och våtmarkerna med högst  $N_{TR}$  är båda varianterna av Ullevi som har samma retention/år, 2655,8 med vattenvolymerna 219476 och 150776  $m^3$ .



Figur 5. Arealspecifik kväveretention ( $\log N_{ASR}$ ) som funktion av vattenvolym ( $\log V$ ,  $m^3$ ). Våtmarken med högst  $N_{ASR}$  är Karlevi, ( $\log 2,88$  kg/ha år) och minst är Ullevi stor ( $\log 5,56$  kg/ha år).

### Fosfor och vattenmagasinering

Den totala fosforretentionen ( $P_{TR}$  kg/år) ökar med vatten volymen ( $V$ ,  $m^3$ , figur 6). Sambandet kan beskrivas med:

$$\log P_{TR} = 1,5444 * 3,00 * 10^{-06} V$$

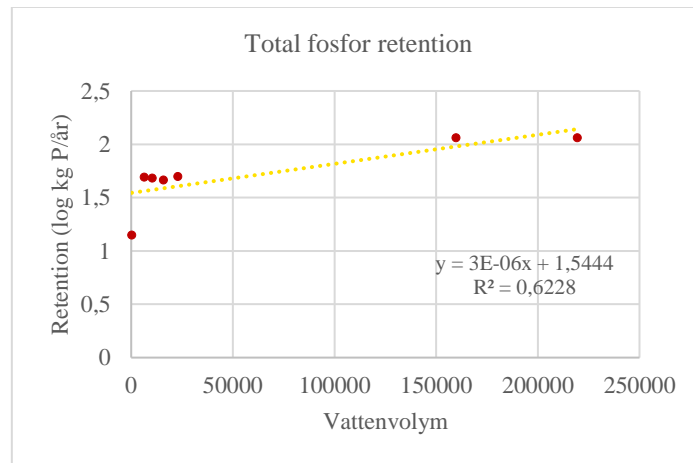
Modellen förklarar 62 % ( $R^2=0,6228$ ) av variationen i den totala fosforretentionen ( $F_{1,9} = 8,254$ ,  $p=0,03$ , linjär regression).

Den arealspecifik fosforretention (kg P/ha år) minskar med ökad volym vatten (Figur

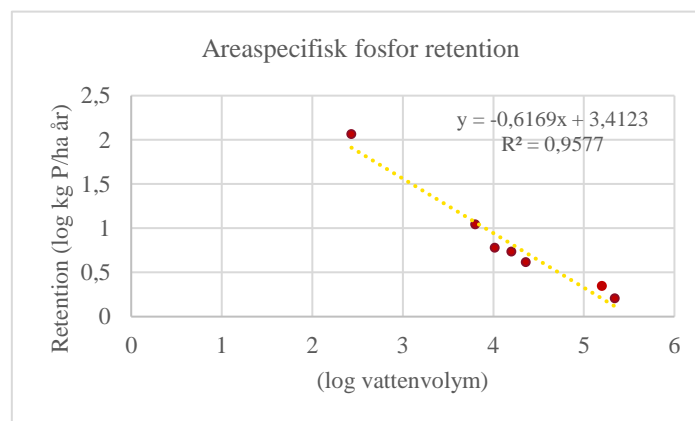
7). Sambandet kan beskrivas med:

$$\log P_{ASR} = 3,4123 - 0,6169 \log V$$

Modellen förklarar 96 % ( $R^2=0,9577$ ) av variationen i den areaspecifika fosforretentionen ( $F_{1,5}=113,3$ ,  $p=0,0001267$ , linjär regression).



Figur 6. Total fosforretention ( $\log P_{TR}$ ) som funktion av volym, Lägst  $P_{TR}$  erhålls i Karlevi ( $\log 1,14$  kg P/år) och högst i Ullevi liten ( $\log 2,21$  kg P/år).



Figur 7. Areaspecifisk fosforretention ( $\log P_{ASR}$ ) som funktion av volym ( $\log Vm^3$ ). Högst  $P_{ASR}$  erhålls i våtmarken Karlevi ( $\log 2,06$  kg/ha år) och lägsta i Ullevi stor ( $\log 0,20$  kg/ha år).

## 4 Diskussion

### Kväve

Rangordningen av den relativ kväveretentionen (andelen av belastningen) placerar de två våtmarksvarianterna i Ullevi som effektivast med samma årliga avskiljning

enligt modellen. Därefter fortsätter rangordningen från högst till lägst retention efter våtmarkernas yta. Den högsta arealspecifika retentionen erhålls istället i den minsta våtmarken, Karlevi. Effektivitet av kväveretentionen blir alltså annorlunda beroende på vad man studerar, relativ eller arealspecifik retention. Detta förklaras av att retentionen blir effektivare med ökad kväve belastning (Fleischer, m.fl 1994, Weisner, 2012). Av de föreslagna våtmarkerna belastas de mindre våtmarkerna mer per ytenhet än de stora vilket också framgår när man studerar sambandet mellan den arealspecifika kväveretention och vattenvolym som ger en högre retention i de mindre våtmarkerna. För totalkväveretention ( $N_{TR}$ ) visar regressionsanalysen ett tydligt samband mellan högre  $N_{TR}$  och ökad vattenvolym. Detta samband syns även i rangordningen av våtmarkernas  $N_{TR}$  och relativa retention där de till volymen största våtmarkerna har högst  $N_{TR}$ .

Den arealspecifika kväveretentionen ( $N_{ASR}$ ) minskar istället med ökad vattenvolym. Det talar för att den procentuella N-retentionen blir större i en stor våtmark per år men att den nödvändigtvis inte blir lika effektiv per ytenhet om belastningen inte är väldigt hög. Vid lägre belastningar kan tom en liten våtmark bli lika effektiv som en stor i relativ retention pga. att retentionen ökar så pass mycket per hektar. Är belastningen mycket hög på en liten våtmark kan dock retentionen snabbare nå en punkt där effektiviteten planar ut pga. uppnådd max retention (Weisner m.fl 2015).

Resultatet från denna studie föreslår att små våtmarker är mer effektiva i de undersökta öländska avrinningsområdena när syftet är att nå en hög arealspecifik retention. Fördjupade studier krävs för att jämföra vinsten av att anlägga flera små våtmarker mot att anlägga en stor med samma totala yta samt jämföra kostnaderna för alternativet. Den lilla varianten av Ullevi är exempelvis effektivare än den stora sett till  $N_{ASR}$  där den lilla uppskattas kunna avskilja 51 kg och den stora bara 36 kg per hektar och år, detta då belastningen är samma för båda men den lilla alltså belastas mer per ytenhet. Den mindre varianten är till ytan ändå en mycket stor våtmark på 52 ha och för att uppnå maximal specifik retention skulle möjligheten att anlägga andra mindre våtmarker i angränsande tillrinningsområde lämpligen undersökas. Vilken storlek på våtmark man ska välja beror även på syftet för den, är det att rena så många kilo som möjligt från att nå Östersjön eller att t.ex. förbättra vattenkvalitén i en badvik. I första fallet bör flera små våtmarker med hög arealspecifik retention prioriteras och för att förbättra vattenkvalité kan istället en stor våtmark med hög relativ avskiljning vara ett bättre alternativ.

## Fosfor

För fosfor erhålls både högst arealspecifika-och relativ retention i Karlevi. Den relativa retentionen blir i Karlevi 65 % medan övriga våtmarker samtliga ligger mellan 44-46 %. Även för fosfor ökar den totala retentionen ( $P_{TR}$ ) med ökad vattenvolym medan den arealspecifika retentionen ( $P_{ASR}$ ) tydligt minskar vilket motsäger hypotesen om att P-retention bör öka med ökad vattenvolym. I modellen för fosfor retention tas faktorerna P-belastning på våtmark, typ av inlopp, hydrauliskbelastning samt längd och bredd förhållanden in i ekvationen medan våtmarksdjup inte tas i beaktning. Detta kan vara en svaghet i fosformodellen

eftersom flertalet studier talar för att vattendjup är en viktig faktor för nå en effektiv P-retention, vilket om inkluderat, skulle kunna ge ett annat utfall i resultatet (Kynkäänniemi, 2012, Jordbruksverket, 2004). Att Karlevi enligt modellen får en så hög retention sett både till den relativa och areaspecifika beror bland annat på att arean är liten, endast 0,12 ha, vilket ligger under rekommenderad minsta våtmarksstorlek som är 0,5 ha (Naturvårdsverket, 2009). Våtmarken blir alltså väldigt högt belastad över en liten yta. Detta gör att den areaspecifika retentionen blir väldigt låg och endast 14 kg P/år avskiljs. I detta område hade dock våtmarken kunnat utformas annorlunda och ytan utökas till minst 3 ha med ytterligare markägares godkännande samt en del schaktarbete, med fördel för vattenmagasiner och fosforfälla som huvudsyfte. Detta då utformningen skulle bli långsmal från inlopp till utlopp vilket har visat sig gynna P-retentionen (Kynkäänniemi, 2012). Även Mellstaby som till ytan är en av de mindre våtmarkerna var effektivare både sett till relativ- och  $P_{ASR}$  än flera av de större våtmarkerna, även denna har en långsmal form. Djuphålor vid inloppen skulle troligtvis skapa ännu bättre förutsättning för P-retention även fast det inte skulle påverka retentionsberäkningarna (Kynkäänniemi, 2012).

### Hur tillförlitliga är modellberäkningar

Det finns vissa osäkerheter med SMHIs modellberäkningar för fosforhalter på Öland då det finns en risk att fosforhalterna överskattas. Öland domineras av kalksten täckt med endast ett tunt till, på vissa ställen inget jordlager (Wik. m.fl., 1997). Markförhållandena har betydelse för hur mycket fosfor som transporteras till våtmarkerna. En studie av Mateus m.fl (2012) visade att krossad kalksten i våtmarker kan fastlägga upp till 60 % av den tillrinnande fosfor. På Öland är det möjligt att fosfor fastläggs redan innan den når våtmarken, framförallt ortofosfat. Detta innebär att Öland antagligen läcker jämförelsevis mindre mängder löst fosfor, vilket således är något positivt. En nackdel är att låga halter bakterietillgänglig fosfor begränsar denitrifikationsprocessen och ger alltså en sämre kväveretention (White & Reddy. 2003, Li. m.fl. 2018). Fler fältmätningar skulle behövas för att undersöka hur väl SMHIs modellberäkningarna är kalibrerade för öländska delavrinningsområden. Enstaka mätningar som tagits och jämförts med SMHI (Ekstam 2015) tyder dock på att de verkliga koncentrationerna är lägre än modelleberäknade värden som används i vattenwebben. Fältprovtagningar av fosforhalter i Åbybäcken och Frösslundabäcken på södra Öland var 10-20 gånger lägre än vad som uppmätts i bäckar på sydsvenska fastlandet vilket visar att de öländska förhållandena behöver beaktas för att öka precisionen i modellberäkningar (Sand-Jensen m.fl, 2015).

Även för kväve finns det regionala faktorer som påverkar tillförlitligheten i retentionsberäkningarna. Beräkningsmetoden för kväveretention, som använts i denna undersökning är baserad på näringsbelastningar för våtmarker i Halland vilka är högre värden än vad som uppnås på Öland. Värdena för näringsbelastning som har använts till retentionsmodellerna är årssummering av medelmånader för totalt 11 år. På Öland är dock inom-årsvariationen väldigt stor pga hydrologin. Under sommarhalvåret är denitrifikationen som effektivast, (Weisner, 2012, Leonardsson, 1994) under dessa månader är dock vattendragen på Öland oftast helt uttorkade.

Detta innebär att våtmarkerna knappt nås av några näringsämnen, utan ytavrinningen från ex jordbruksmarker lagras istället i vattendragen. När flöden tilltar innebär detta att belastningen istället kan komma att vara högre än modellvärdena (DHI, 2010). På sommaren blir således belastningen till våtmarker på Öland liten och retentionen sämre än beräknad medan belastningen under höst och vinter blir mycket hög vilket då troligen ger en högre retention än beräkningarna. Dock påverkas retentionen negativt under vintermånaderna pga den fallande temperaturen vilket minskar denitrifikationsprocessen och växternas näringsupptag minskar (Gustafsson, 2002). Retentionsberäkningarna för kväve är alltså sannolikt överskattade under de torraste månaderna men underskattade för övriga, med undantag för vintermånaderna. Avvikelserna kanske av det skälet innebär att modellen ändå ger realistisk uppskattning av retentionen. Fler fältprovtagningar av flöden och näringsbelastning behövs för kunna anpassa nuvarande och framtida modellberäkningar till Ölands särpräglade förhållanden.

Ytterligare faktorer som bidrar till osäkerhet i uppskattningen av retentionen är avgränsningen av delavrinningsområden (DARO). Flera av Mörbylånga kommuns DARO är mellan 50 och 130 km<sup>2</sup> stora och skulle kunna delas in i flera mindre. Av denna anledning utgör våtmarkernas avrinningsområden (VARO) bara en liten procentuell del av vattenwebbens DARO. Mer detaljerade avgränsningar har gjorts av Nordconsult vilka har utnyttjats i modellsystemet Mike Basin (DHI, 2010). I den här undersökningen har uppgifterna om vattenföring och näringsbelastning utnyttjat SMHIs modellvärden för DARO (vattenwebb, SMHI).

### Övriga prioriteringsfaktorer

Utöver retention finns det andra faktorer som kan styrka anledningen att skapa våtmarker. Ett exempel är området i Ullevi, som för båda storleksvarianterna får en relativt hög totalretention av både fosfor och kväve, men som även är belägen och utformad på ett sådant sätt att det med stor sannolikhet skulle öka biologisk mångfald. Detta då den är en stor torrlagt mosse som naturlig blir mångformig vilket innebär att den skulle kunna inhysa stor variation av habitat (Naturvårdsverket, 2009). Den ligger också belägen nära byarna Gårdby och Ullevi där den skulle landskapsförsköna samt höja rekreativvärde. Enligt Artdatabankens rödlista 2020 är 4746 arter listade, 11 % av dessa är knutna till just våtmarker (Naturvårdsverket, 2019). Alla de nämnda faktorerna höjer enligt Naturvårdsverket prioriteringsgraden för våtmarker. Den till ytan mindre varianten i Ullevi uppskattas vara väl effektiv ur retentions synpunkt men kan komma att bli dyrare att skapa då den topografiskt inte faller sig lika naturlig som våtmark jämfört med den stora varianten, detta är något som bör utredas för att ta reda på vilken som blir mest kostnadseffektiv i slutändan. Den lilla våtmarksvarianten av Kleva är relativt effektiv i både total och areaspecifik kväveretention för både kväve och fosfor. Även Kleva är en torrlagd mosse som relativt lätt skulle kunna restaureras med en mindre andel schaktning, bl.a. för att minska avsnörda vikar som kan minska den hydrauliska effektiviteten. Tilläggas bör dock att optimal utformningen av våtmarkerna inte är beaktade i detta arbete utan är bestämda efter enklast naturliga utformning sett till topografin.



## Konklusion

Resultatet av denna studie visar att enkla modellsamband för våtmarkernas vattenvolym kan användas för att uppskatta både total och arealspecifik retention. Den relativa retentionen för både P och N ökar med ökad våtmarks volym medan den arealspecifika retentionen minskar med ökad volym. Högst relativ N-retention rangordnas efter våtmarkernas volym medan den arealspecifika N-retentionen rangordnas efter högst näringsbelastning/hektar vilket erhålls i de till ytan minsta våtmarkerna. För fosfor får den minsta våtmarken högst relativ retention, troligen p.g.a. denna våtmarks långsmala form, vilket är en av förklaringsvariablerna i fosformodellen. Övriga våtmarkers relativa fosfor retention ligger alla på 45 %. Den arealspecifika P-retentionen rangordnas likt för kväve efter högst belastning. När våtmarker anlägg i syfte att nå miljömålet att minska antal kg kväve och fosfor som når Östersjön kan små våtmarker vara mer effektiva än stora om möjligheten finns att anlägga flera små med samma yta som en stor. Viktigt vid våtmarksplanering är dock att veta att flera faktorer spelar in, vilka kan öka eller minska retentionseffektiviteten, så som vegetation, skötsel, uppehållstid och hydrauliskeffektivitet, detta är dock komponenter som går att styra lättare än näringsbelastningen som huvudsakligen är extern. Med vägledning av detta examensarbete kan Mörbylånga kommun lättare utvärdera vilket huvudsyfte de föreslagna våtmarkerna kan lämpas för. Det ger också vägledning när flera små kontra få stora våtmarker lämpar sig bäst och hur hög totalretention som kan erhålla beroende på hur man väljer att skapa våtmarkerna. För att i framtiden lättare kunna applicera modellberäkningar för flöden och näringsläckage på Öland behövs bättre avgränsningar av delavrinningsområden samt fler fältprovtagningar för att få en bättre bild av hur koncentrationerna och flödena ser ut över hela året.

## 5 Referenser

Artdatabanken. 2020. Idag släpps Sveriges rödlistan 2020. 22 April.

<https://www.artdatabanken.se/aktuellt/artdatabankens-nyheter/idag-slapps-sveriges-rodlista-2020/>

Braskerud B.C. 2002. Factors affecting phosphorus retention in small constructed wetlands treating agricultural non-point source pollution. *Ecological Engineering*. 19:1:41-61.

Davidsson. T, Wedding. B, Holmström. K. 2005. Segeå-projektet, uppföljning av 50 dammar. *Segeåns Vattendragsförbund*.

[http://www.segea.se/Rapporter/E1\\_Segea\\_50\\_dammar\\_2003.pdf](http://www.segea.se/Rapporter/E1_Segea_50_dammar_2003.pdf)

DHI. 2010. Applikation för Vattenmyndigheten, Ölands avrinningsområde.

Vattenmyndigheten Södra Östersjön.

Helcom 2015. Updated Fifth Baltic Sea pollution load compilation (PLC-5.5).  
*Baltic Sea Environment Proceedings* Nr:145.

Ekstam, B. 2001. Vattnet i landskapet. I Forslund, M. (Red.) Natur och kultur på  
Öland. Länsstyrelsen i Kalmar.

Fleischer, S. Gustavsson, A. Joelsson, A. Pansar, J. Stibe, L. 1994. Nitrogen  
removal in created ponds. *Ambio*. **23**:349-357

Gustafsson, Bo G., m.fl. 2012. Reconstructing the development of Baltic Sea  
eutrophication 1850–2006. *Ambio* 41:**6**: 534-548.

Gustavsson A. 2002. Hur effektiva är olika dammar som kvävefällor vid olika  
årstider och vattenföringar samt över längre tid. vattenvårdskurs; *Hydrologi och  
vattenvård MV0038*. Sveriges lantbruksuniversitet.

Jordbruksverket. 2004. Kvalitetskriteriet för våtmarker i odlingslandskapet. Rapport  
2002:2. Jönköping

Jordbruksverket. 2016. Övergödning och läckage av växtnäring.

Kjellson. A. m.fl. 2018. *Våtmarksstrategi*. Våtmarksfonden. Nyköping.  
<http://vatmarksfonden.se/wp-content/uploads/2018/12/v%C3%A5tmarksstrategi.pdf>

Kossay, K. A, Stevens. K, Atkinson. S. 2013. Effects of hydraulic detention time,  
water depth, and duration of operation on nitrogen and phosphorus removal in a  
flow-through duckweed bioremediation system. *Journal of Environmental  
Engineering*. 139.2:160-166.

Kynkäänniemi. P. 2014. Small Wetlands Designed for Phosphorus Retention in  
Swedish Agricultural Areas. *SLU Service/Repro*: 40. Uppsala.

Kynkäänniemi, P, Johannesson KM, Ulén B, Tonderski KS. 2014. Assessment of  
particle deposition and accumulation in newly constructed wetlands receiving  
agricultural runoff. *Ambio*, in press

Larsson. M och Granstedt. A. 2010. Sustainable governance of the agriculture and  
the Baltic Sea—Agricultural reforms, food production and curbed eutrophication.  
*Ecological Economics* 69:**10**: 1943-1951.

Lantmäteriet. 2020. GSD-Höjddata, grid 2+.  
<https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/geodataprodukter/produktlista/hojddata-grid-2/>

(Leonardsson, 1994)

Li. B.X, Chen, J.F, Wu. Z, Wu. S.F, Xie. S.G, Liu. Y. 2018. Seasonal and spatial dynamics of denitrification rate and denitrifier community in constructed wetland treating polluted river water. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 126: 143–151.

Mateus. DMR, Vaz. MNM, Pinho. JOH. 2012. Fragmented limestone wastes as a constructed wetland substrate for phosphorus removal. *Ecological Engineering* 41: 65-69.

Naturvårdsverket. 2009. *Rätt våtmark på rätt plats*. Rapport 5926. CM Gruppen AB, Bromma.

Naturvårdsverket. 2019. Våtmark. 9 December.

<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Vatten/Vatmark/>

Ricklefs. R, Relyea. R. 2015. *The Economy of Nature*. 7 upp. New York: Macmillan education.

Sand-Jensen. K M.fl. 2015. Mellan torka och översvämningar på Öland. *Svensk botanisk tidskrift*. 109:1

SMHI. Modelldata per område. Uppgifter hämtade 2020.

<https://www.smhi.se/data/hydrologi/vattenwebb/ladda-ner-modelldata-per-omrade-1.116164>

Song. X, Ehde. P.M, Weisner. S. 2019. Effects of Water Depth and Phosphorus Availability on Nitrogen Removal in Agricultural Wetlands. *Water*. 11:12:2626.

Valk, A.van der., 2012. *The biology of freshwater wetlands* 2nd ed., Oxford: Oxford University Press.

Weisner. S. 2012. Potential hos våtmarker anlagda för fosfor- och kväveretention i jordbrukslandskapet: analys och tolkning av mätresultat.

Weisner. S, Johanesson. K, Tonderski. K. 2015. Näringsavskiljning i anlagda våtmarker i jordbruket. *Jordbruksverket*. Rapport 2015:7.

Weisner. S och Thiere. G. 2010 Mindre fosfor och kväve från jordbrukslandskapet. *Jordbruksverket*. Rapport: 2010:21

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:353157/FULLTEXT01.pdf>

White. J.R, Reddy. K.R. 2003. Nitrification and denitrification rates of Everglades wetland soils along a phosphorus-impacted gradient. *J. Environ. Qual.* 32: 2436–2443

Wijk, N-G, m.fl. 2005. *Beskrivning till regional berggrundskarta över Kalmar län. Sveriges geologiska undersökning*. Elanders Tofters, Östervåla

