UPTEC W 22022
Examensarbete 30 hp
Juni 2022

UPPSALA UNIVERSITET

SLU

# Checklista för multifunktionella våtmarker för spillvattenrening och fågelliv

## Fallstudie Stenhammar/Tallholmen, Flen

Adam Engström Svanberg

Civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik

UPPSALA UNIVERSITET

SLU

# Checklist for multifunctional wetlands promoting wastewater effluent treatment and birdlife – Case study Stenhammar/Tallholmen, Flen

Adam Engström Svanberg


## Abstract

Treatment wetlands are water features created with the purpose of removing nutrients from wastewater treatment effluent by natural processes. These wetlands help to reduce the amount of nutrients and pollution being released into our lakes and seas. At the same time as they contribute to increased biodiversity. Birds congregate in and around nutrient rich treatment wetlands due to the abundance of food and general lack of wetland habitats in Sweden.

The purpose of this study was to evaluate how combined bird and treatment wetlands should be constructed and maintained in order to achieve the best possible retention of nutrients and concurrently provide valuable habitats for wetland birds. By studying literature and reports, regarding how the two specific wetland types are most appropriately shaped and maintained, a checklist of features that support both purposes could be presented. Furthermore, this checklist was applied to an existing proposal of a combined bird and treatment wetland to evaluate the checklists applicability.

Constructions such as banks with low slope gradient, islands and areas of open water are not considered to cause a conflict with the processes required for effective nutrient retention. However, this study does not bring data to conclude that the overall nutrient retention is not affected by changes made to improve the wetland for birds. The checklist provides a general guide concerning what structures and maintenance routines support a variety of birds in a treatment wetland. By evaluating the proposed bird and treatment wetland using the checklist the results showed that management of vegetation structures plays an important role in creating a successful bird and treatment wetland.

In conclusion, the possibilities of creating treatment wetlands that support nutrient retention and a rich and diverse birdlife simultaneously are plentiful.


Keywords: Treatment wetlands, birds, nutrient retention, biodiversity

**Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten**

**Uppsala universitet, Utgivningsort Uppsala/Visby**

Handledare: Hannes Öckerman Ämnesgranskare: Tomas Pärt

Examinator: Antonio Segalini

# Referat


## Checklista för multifunktionella våtmarker för spillvattenrening och fågelliv – fallstudie Stenhammar/Tallholmen, Flen

*Adam Engström Svanberg*

Spillvattenvåtmarker är vattenmiljöer skapade i syfte att avskilja näringsämnen ur spillvatten från avloppsreningsverk med hjälp av naturliga nedbrytningsprocesser. Anläggningarna bidrar till att minska belastningen av näringsämnen och föroreningar till våra sjöar och hav samtidigt som de skapar mervärden som ökad biologisk mångfald. Fåglar vistas gärna i och omkring näringsrika spillvattenvåtmarker till följd av den goda födotillgången samt att det råder en brist på våtmarksmiljöer i Sverige.

Syftet med denna studie var att undersöka hur kombinerade fågel- och spillvattenvåtmarker bör utformas och skötas för att uppnå bästa möjliga avskiljning av näringsämnen samtidigt som livsmiljöer för våtmarksfåglar skapas och upprätthålls. Genom att studera litteratur och rapporter om hur respektive våtmarkstyp utformas och sköts på bästa sätt för sitt specifika ändamål kunde en checklista över utformningar som gynnar båda syftena tas fram. Vidare applicerades denna checklista på ett utformningsförslag av en kombinerad fågel-och spillvattenvåtmark i syfte att utvärdera listans potential.

Utformningar som stränder med låg släntlutning, öar och öppna vattenpartier står inte i konflikt med de reningsprocesser som krävs för en god avskiljning av näringsämnen. Däremot bidrar denna studie inte med några bevis för att reningseffekten inte påverkas av att spillvattenvåtmarker utformas för att gynna fåglar. Vidare utgör checklistan en övergripande guide för implementering av utformningar och skötsel som främjar fågellivet. Bedömningen av ett utformningsförslag med hjälp av checklistan visade att skötsel spelar en avgörande roll för en lyckad fågel- och spillvattenvåtmark.

Slutsatsen av studien är att det finns stora möjligheter att kombinera spillvattenrening med lämpliga miljöer för våtmarksfåglar i en spillvattenvåtmark.



Nyckelord: Spillvattenvåtmarker, fåglar, näringsretention, biologisk mångfald



*Institutionen för Ekologi, Sveriges Lantbruksuniversitet,*
*Ulls väg 16, SE-750 07, Uppsala*


*ISSN 1401-5765*

## Abstract

**Checklist for multifunctional wetlands promoting wastewater effluent treatment and birdlife – Case study Stenhammar/Tallholmen, Flen**

*Adam Engström Svanberg*

Treatment wetlands are water features created with the purpose of removing nutrients from wastewater treatment effluent by natural processes. These wetlands help to reduce the amount of nutrients and pollution being released into our lakes and seas. At the same time as they contribute to increased biodiversity. Birds congregate in and around nutrient rich treatment wetlands due to the abundance of food and general lack of wetland habitats in Sweden.

The purpose of this study was to evaluate how combined bird and treatment wetlands should be constructed and maintained in order to achieve the best possible retention of nutrients and concurrently provide valuable habitats for wetland birds. By studying literature and reports, regarding how the two specific wetland types are most appropriately shaped and maintained, a checklist of features that support both purposes could be presented. Furthermore, this checklist was applied to an existing proposal of a combined bird and treatment wetland to evaluate the checklists applicability.

Constructions such as banks with low slope gradient, islands and areas of open water are not considered to cause a conflict with the processes required for effective nutrient retention. However, this study does not bring data to conclude that the overall nutrient retention is not affected by changes made to improve the wetland for birds. The checklist provides a general guide concerning what structures and maintenance routines support a variety of birds in a treatment wetland. By evaluating the proposed bird and treatment wetland using the checklist the results showed that management of vegetation structures plays an important role in creating a successful bird and treatment wetland.

In conclusion, the possibilities of creating treatment wetlands that support nutrient retention and a rich and diverse birdlife simultaneously are plentiful.



Keywords: Treatment wetlands, birds, nutrient retention, biodiversity



*Department of Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences*
*Ulls väg 16, SE-750 07, Uppsala*


*ISSN 1401-5765*

## Förord

Denna rapport utgör ett examensarbete på 30 högskolepoäng inom Civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik på Uppsala universitet. Studien har genomförts i nära samarbete med företaget Water Revival Systems Uppsala AB (WRS AB). Hannes Öckerman från WRS har varit handledare och Tomas Pärt vid institutionen för ekologi på Sveriges Lantbruksuniversitet har varit ämnesgranskare.

Inledningsvis vill jag tacka alla på WRS som bjudit in mig i sin gemenskap, visat intresse och stöttat mig i mitt arbete. Därefter vill jag tacka Birdlife Sverige för deras stöd och inbjudan att tala under deras våtmarkskonferens. Vidare vill jag ge ett stort tack till Josefins Smeds och Flens kommun för finansiering, kartmaterial och möjligheten att få arbeta med spillvattenvåtmarker och fåglar på riktigt.

Ett extra stort tack vill jag ge till min handledare Hannes Öckerman som varje vecka funnits tillgänglig för att svara på lätta och svåra frågor samt kommit med kloka förslag på förbättringar i arbetet. Jag vill även tacka Tomas Pärt som ställt upp som ämnesgranskare.

*Adam Engström Svanberg*
Uppsala, juni 2022

Copyright © Adam Engström Svanberg och Institutionen för ekologi, Sveriges lantbruksuniversitet.
UPTEC W 22 022, ISSN 1401-5765
Digitalt publicerad i DiVa, 2022, genom Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet. (http://www.diva-portal.org/)

## Populärvetenskaplig sammanfattning

Utsläpp av näringsämnen och föroreningar till våra hav och sjöar är idag ett stort problem i många delar av Sverige. Effekterna är i många fall inte kända men till de vi känner till kan algblomning, hormonstörningar hos fiskar och döda havs- och sjöbottnar nämnas som exempel. Ämnena hamnar i våra vatten genom att regn sköljer med sig dem från våra gator eller via näringsläckage från jordbruket. Ett stort bidrag kommer även från våra avloppsreningsverk som tar emot stora mängder näringsämnen och föroreningar via det vatten som spolas ned i toaletter, duschar och handfat. Trots att reningsverken lyckas få bort stora mängder näring från vattnet åker en del av den ut i naturen tillsammans med föroreningar som läkemedelsrester och flamskyddsmedel.

Ett annat, till synes orelaterat, miljöproblem är den historiska förlust av våtmarksmiljöer som ägt rum i Sverige. Minskningen skedde under en tid då sjöar och våtmarker behövde dikas ur för att skapa odlingsbar mark åt en svältande befolkning. En av många djurgrupper som påverkats av dessa landskapsförändringar är våtmarksfåglarna som sett sina livsmiljöer försvinna i takt med ett mer moderniserat jordbruk och en fortsatt utdikning. Den rimliga frågan att ställa sig är nu vad detta har att göra med övergödning och föroreningar i hav och sjöar.

Våtmarker kallas ibland för jordens njurar på grund av deras naturliga förmåga att rena vattnet från oönskade ämnen. Det finns en typ av våtmark som kallas spillvattenvåtmark som är designad för att ta emot vatten från avloppsreningsverk för att rena avloppsvattnet lite extra innan det slutligen hamnar i naturen. Spillvattenvåtmarker har funnits i Sverige sedan början på 1990-talet och har genom studier visat sig kunna rena vattnet från stora mängder näringsämnen och även föroreningar som mikroplaster och läkemedelsrester. Dessutom bidrar våtmarksmiljöerna till att återskapa livsmiljöer för de våtmarksfåglar som idag konkurrerar på en ansträngd bostadsmarknad. På vissa platser i Sverige utgör den lokala spillvattenvåtmarken även den bästa platsen för fågelskådning.

Idén bakom denna studie är att det måste finnas ett sätt att skapa en spillvattenvåtmark som renar vatten effektivt samtidigt som den skapar de bästa förutsättningarna för att våtmarksfåglar ska trivas. Studien undersöker därför hur en kombinerad fågel- och spillvattenvåtmark skulle behöva se ut och skötas genom att granska tidigare studier om de båda våtmarkstyperna. Dessutom presenteras ett förslag på hur en våtmark för vattenrening och fåglar kan se ut.

Resultatet av studien visade att fåglar och vattenrening kan kombineras i stor utsträckning och därför kan spillvattenvåtmarker i framtiden hjälpa till att lösa två aktuella miljöproblem: övergödningsproblematiken och förlusten av biologisk mångfald. Målet med denna studie är att fler ska få upp ögonen för att använda spillvattenvåtmarker för fler syften. Till hjälp finns nu en checklista och ett förslag att följa för de som vill hjälpa våtmarksfåglar. Inspiration till att i framtiden göra mer för miljön och framför allt våra luftburna vänner.

## Ordlista

**$BOD_7$ -** ”Biokemisk syreförbrukning, sju dygn” eller ”Biochemical Oxygen Demand” är ett mått på den förbrukning av lösligt syre som mikroorganismer behöver för att bryta ner organiskt material i vatten över en period på sju dygn.

**Hydraulisk belastning**- Den volym vatten som belastar en damm eller våtmark i förhållande till dess yta över en bestämd tid. Enheter som används är ofta mm/dygn eller mm/timme.

**Personekvivalent (pe) -** Den föroreningsbelastning som varje person i snitt bidrar med per dygn mätt i enheten $BOD_7$. Belastningen anges till 70 g $BOD_7$/person och dygn.

**Primärproduktion** – Process inom biologin där organismer omvandlar koldioxid till syre och biomassa. Relaterar ofta till produktionen av växtplankton.

**Teoretisk uppehållstid** – Den teoretiska tid det tar för vattnet att färdas från inlopp till utlopp i en damm eller våtmark. Beräknas som en kvot mellan area och volym.

**Översilningsyta** – En svagt sluttande gräsyta som vatten leds ut över på bred front. Syftet med ytan är att avskilja näringsämnen och föroreningar från vattnet.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING


**1. INLEDNING** **1**

**1.1 SYFTE** 2
**1.2 UTFÖRANDE** 2
**1.3 AVGRÄNSNING** 2

**2. BAKGRUND** **3**

**2.1 SPILLVATTENVÅTMARKER** 3
***2.1.1 Reningsprocesser*** *3*
***2.1.2 Utformning*** *5*
***2.1.3 Översilningsytor*** *6*
***2.1.4 Dimensionering*** *7*
***2.1.5 Lokalisering*** *8*
***2.1.6 Skötsel*** *8*
***2.1.7 Risker för smittspridning*** *9*
**2.2 VÅTMARKSFÅGLAR** 10
***2.2.1 Arter och populationstrender*** *10*
***2.2.2 Habitat och levnadsmiljöer*** *12*
***2.2.3 Lokalisering av fågelvåtmarker*** *13*
***2.2.4 Skötsel av fågelvåtmarker*** *13*

**3. METOD OCH DATA** **15**

**3.1 CHECKLISTA FÖR FÅGEL- OCH SPILLVATTENVÅTMARK** 15
**3.2 UTFORMNINGSFÖRSLAG FÖR SPILLVATTENVÅTMARK I FLEN** 15
***3.2.1 Kartmaterial*** *16*
***3.2.2 Noggrannhet*** *16*
***3.2.3 Fältbesök*** *16*
***3.2.4 Scenarier för dimensionering*** *18*
***3.2.5 Beräkningsmetod*** *19*
***3.2.6 Visualisering*** *19*

**4. RESULTAT** **20**

**4.1 CHECKLISTA FÖR FÅGEL- OCH RENINGSVÅTMARK** 20
**4.2 UTFORMNINGSFÖRSLAG FÖR SPILLVATTENVÅTMARK I FLEN** 20
***4.2.1 Flöde, belastning och uppehållstid*** *20*
***4.2.2 Utformningsförslag*** *20*
***4.2.3 Utvärdering av utformningsförslag med checklista*** *23*

**5. DISKUSSION** **25**

**5.1 CHECKLISTA FÖR FÅGEL- OCH SPILLVATTENVÅTMARK** 25
**5.2 UTFORMNINGSFÖRSLAG** 26
**5.4 FRAMTIDA STUDIER** 27

**6. SLUTSATS** **28**

**REFERENSER** **29**

**BILAGA** **33**

**B1. CHECKLISTA FÖRDJUPAD** 33

# 1. INLEDNING

Sverige har antagit 16 nationella miljömål till år 2030. Ett av dessa mål är ”Myllrande våtmarker” (Naturvårdsverket 2021b). En omfattande utdikning av sjöar och vattendrag har pågått i Sverige sedan mitten på 1800-talet i syfte att framställa bördig åker- och skogsmark åt en snabbt växande befolkning (Svenskt Vattenarkiv 1995). Markavvattningen har lett till en brist på våtmarker som är en viktig levnadsmiljö för många djur- och växtarter och som dessutom bidrar till renare vatten genom bland annat näringsretention (Naturvårdsverket 2021b).

Näringsretention av fosfor och kväve bidrar dessutom till miljömålet ”Ingen övergödning” som syftar till att minska övergödningen av sjöar och hav i Sverige. Utsläpp från avloppsreningsverk är en av de källor där åtgärder krävs för att miljömålet ska kunna uppnås på sikt (Naturvårdsverket 2021a). Kommunala reningsverk som mottar vatten från mer än 2000 personer uppnår idag en rening av fosfor på runt 96% av inkommande mängd medan reningen av kväve ligger runt 74% (Naturvårdsverket 2018).

I ljuset av dessa två miljömål, ”Myllrande våtmarker” och ”Ingen övergödning”, finns en naturnära renings- och poleringsmetod av avloppsvatten som har potential att bidra till att båda målen utvecklas i en positiv riktning. Dessa system kallas spillvattenvåtmarker.

Spillvattenvåtmarker är mänskligt konstruerade vattensystem som har utformats för att efterlikna naturliga våtmarkssystem (Vymazal 2010). Vattnet som tillförs dessa våtmarker har i Sverige oftast genomgått rening i ett avloppsreningsverk. Ett syfte med våtmarken är ofta att ytterligare rena vattnet från framför allt kväve (Andersson & Kallner 2002). De naturliga processer som utnyttjas i spillvattenvåtmarker är sedimentation av partiklar, mikrobiell nedbrytning av organiska ämnen och avskiljning av kväve genom omvandling av vattenlösligt kväve till kvävgas (Andersson & Kallner 2002; Vymazal 2010). Komponenterna i ett våtmarkssystem som huvudsakligen bidrar till de nedbrytande eller omvandlande processerna är vegetationen, jordmånen och mikrobsamhället i våtmarken (Vymazal 2010).

Utöver att bidra till vattenrening är spillvattenvåtmarker ofta populära häcknings- och rastplatser för en mängd olika fågelarter (Johansson 2013). Spillvattenvåtmarker som mottar vatten med högre näringshalter attraherar generellt ett stort antal olika typer av vilda djur och växter tack vare den höga primärproduktionen (H. Kadlec & L. Knight 1996). Idag listas ett flertal fågelarter som uppehåller sig vid våtmarker på Artdatabankens rödlista över hotade arter och ungefär 20% av de arter som tillkommit på listan sedan 2015 är knutna till våtmarkshabitat (SLU & Naturvårdsverket 2020).

Bristen på våtmarker i vårt landskap, behovet av förbättrad vattenrening för att minska övergödningen och den negativa populationstrend som kan ses hos flertalet våtmarksfåglar motiverar denna studie om hur spillvattenvåtmarker kan utformas för att skapa ett rikare fågelliv.

## 1.1 SYFTE

Studien syftar till att belysa möjligheter med kombinerade fågel- och spillvattenvåtmarker samt hur nya och befintliga spillvattenvåtmarker kan utformas och skötas för att generera bästa reningseffekt och samtidigt bidra med habitat för våtmarksfåglar. Frågeställningar som bidrog till att uppfylla detta syfte var följande:

1. Vilka möjligheter finns att anpassa spillvattenvåtmarkers utformning och skötsel för att gynna fågellivet?

2. Vad finns det för utrymme vid planering av nya spillvattenvåtmarker att göra anpassningar som gynnar våtmarksfåglar utan att negativt påverka reningseffekten?

## 1.2 UTFÖRANDE

Arbetet inleddes med en övergripande litteraturstudie där forskning om spillvattenvåtmarker och fågelvåtmarker sammanställdes. Information erhölls genom vetenskapliga rapporter, böcker samt samtal med verksamma forskare inom ämnen som berör för spillvattenvåtmarker och fågelliv. Utifrån material i litteraturstudien togs en checklista fram med faktorer som bör tas i beaktande vid konstruktion och skötsel av spillvattenvåtmarker som önskas gynna fågellivet. Avslutningsvis applicerades den sammanställda litteraturen och checklistan på ett befintligt projekt där en spillvattenvåtmark med fokus på fågelliv planeras att anläggas.

## 1.3 AVGRÄNSNING

Rapporten fokuserar på svenska förhållanden och prioriterar därför svensk litteratur om spillvattenvåtmarker och fåglar i den mån det är möjligt. Inom ramen för rapporten utförs ingen provtagning eller inventering.

# 2. BAKGRUND

## 2.1 SPILLVATTENVÅTMARKER

Spillvatten syftar till det vatten som samlas upp från hushåll och mindre industrier genom handfat, brunnar och toaletter (Svenskt Vatten 2016). Spillvatten kan också kallas avloppsvatten I USA har våtmarker fått ta emot mänskligt avloppsvatten ända sedan insamlingen av avloppsvatten påbörjades för ungefär 120 år sedan, menar Kadlec och Knight (1996). Först i början av 1960-talet påbörjades kontroller av vattenkvaliteten i våtmarkerna. Det var först då våtmarkers förmåga att rena vatten upptäcktes och började studeras (ibid.).

I Sverige anlades den första spillvattenvåtmarken år 1993 i Oxelösund efter att intresset för metoden ökat under 1990-talet (Andersson & Kallner 2002). En bidragande faktor i denna utveckling var att övergödningsproblematiken i Östersjön fått Sveriges regering, på inrådan av Naturvårdsverket, att år 1987 höja reningskraven på kommunala reningsverk (Riksdagsförvaltningen 1987). Bland annat höjdes det tidigare kravet på 20 % kvävereduktion till 50 % för kustnära reningsverk (ibid.). Spillvattenvåtmarker lyftes fram som en kostnadseffektiv lösning för att reducera utsläpp av kväve och andra miljöföroreningar samtidigt som de bidrar till biologisk mångfald och rekreation i närområdet (H. Kadlec & L. Knight 1996:3–5; Andersson & Kallner 2002).

Det spillvatten som släpps till en spillvattenvåtmark har genomgått rening i ett avloppsreningsverk. Våtmarken utgör ett avslutande processteg för att ytterligare rena spillvattnet från framför allt kväve (Andersson & Kallner 2002) men även flertalet mikroföroreningar som antibiotika (Berglund et al. 2014; Jun et al. 2014), mikroplaster (Jönsson 2016) och läkemedelsrester (Hu et al. 2021) har visats kunna reduceras i processen.

Det finns ett antal olika typer av anlagda våtmarker med syfte att rena spillvatten. Dessa klassificeras utifrån vilken typ av hydrologi och växtlighet de har (Fonder & Headley 2010). Inom kategorin hydrologi finns två typer av anläggningar, *Surface flow* och *Subsurface flow*, som indikerar antingen ett ytvattenflöde eller ett mättat flöde i en markbädd eller annat poröst medium (ibid.). Den senare typen av anläggningar benämns i Sverige ofta som *rotzonsanläggningar* eller *infiltrationsanläggningar*. Framöver i denna rapport avser termen spillvattenvåtmark enbart anläggningar med ytvattenflöde.

I ett system med ytvattenflöde finns en mängd olika typer av växtlighet; över- och undervattensvegetation, flytbladsvegetation och friflytande vegetation (Fonder & Headley 2010). Samtliga typer av växlighet är vanligt förekommande i de system som implementeras i Sverige. De spillvattenvåtmarker som återfinns i Sverige benämns *Free Water Surface Constructed Wetlands* (FWS CW) i engelsk litteratur (ibid.) och efterliknar en naturlig våtmark till utseendet.

### 2.1.1 Reningsprocesser

Spillvattenvåtmarker används primärt för att rena utgående avloppsvatten från näringsämnena kväve och fosfor som bidrar till övergödning. Därtill behöver vattnet oftast renas från organiskt material, som kan uppskattas med parametern BOD (Biochemical Oxygen Demand). Avskiljning av bland annat läkemedelsrester,

PFAS och andra mikroföroreningar blir en allt viktigare faktor för reningsverken i takt med att fler studier pekar på föroreningarnas skadliga effekter på ekosystemen och krav kan tänkas ställas från myndigheter om rening av sådana ämnen i framtiden.

Kväve i spillvatten avskiljs främst genom nitrifikation och denitrifikation (Andersson & Kallner 2002; Vymazal 2007). Nitrifikation är en process där bakterier omvandlar ammoniumjoner, som till stor del är den dominerande kvävefraktionen i spillvatten, till nitratjoner under syrerika förhållanden. Vidare kan nitratjoner omvandlas till kvävgas under syrefattiga förhållanden genom denitrifikation. Kvävgas avgår från vattenmiljön genom gasutbyte till atmosfären och har därmed avskilts från vattnet (Tonderski et al. 2002:41–66).

Fosfor förekommer antingen partikelbundet, som vattenlöslig jon eller som löst organisk förening (H. Kadlec & L. Knight 1996:443–451) och kan till skillnad från kväve inte övergå till gasfas (Tonderski et al. 2002:41–66). Således krävs andra reningsmekanismer för att samtliga former av fosfor ska kunna avskiljas. Sedimentation utnyttjas för att fastlägga partikelbunden fosfor på botten av spillvattenvåtmarken. Jonformen av fosfor, fosfat ($PO_4^{3-}$), kan binda till positivt laddade mineralkomplex eller nyttjas som näring av växter och bakterier (ibid.). Den del fosfor som är bunden till löst organiskt material kan tas upp av bakterier och på sikt sedimentera eller genom mikrobiell nedbrytning omvandlas till fosfat efter bakteriens död (ibid.).

Organiskt material, oftast mätt med parametern BOD, består av små kolföreningar som bryts ner av syrekrävande bakterier (H. Kadlec & L. Knight 1996:341–344). Materialet kallas ibland även för syretärande ämnen då processen kräver en stor mängd syre för att nedbrytningen ska kunna ske. En studie har visat att syre, som krävs för både nedbrytning av organiskt material och för nitrifikation, konkurreras om av olika bakteriegrupper. Den grupp som bryter ned organiskt material tycks vara mer konkurrenskraftig då nitrifikationen tenderar att komma igång först när merparten av det organiska materialet är nedbrutet (Andersson & Kallner 2002).

Reningsmekanismer som avskiljer mikroföroreningar är ett aktuellt forskningsämne. Studier har bland annat visat att växter spelar en stor roll i avskiljningen av läkemedel och hygienprodukter i spillvattenvåtmarker (Hu et al. 2021). Växterna tar upp läkemedelssubstanser genom rotsystemet och skapar även förutsättningar för nedbrytande mikroorganismer i vattnet och i sedimentet kring rötterna (ibid.).

Mikroplaster är en annan miljöförorening där studier visat på god avskiljning i spillvattenvåtmarker (Jönsson 2016). Försök gjorda i våtmarksmiljöer i laboratoriemiljö visar att avskiljningen av mikroplaster sker med hjälp av fysisk filtrering i bottensubstratet och genom adsorption till den biofilm som skapas på vattenväxters stammar och rötter (Chen et al. 2021). Därtill kan flytande mikroplaster förlora flytförmåga och sedimentera när mikroorganismer bildar en biofilm kring dem (Chen et al. 2019).

### 2.1.2 Utformning

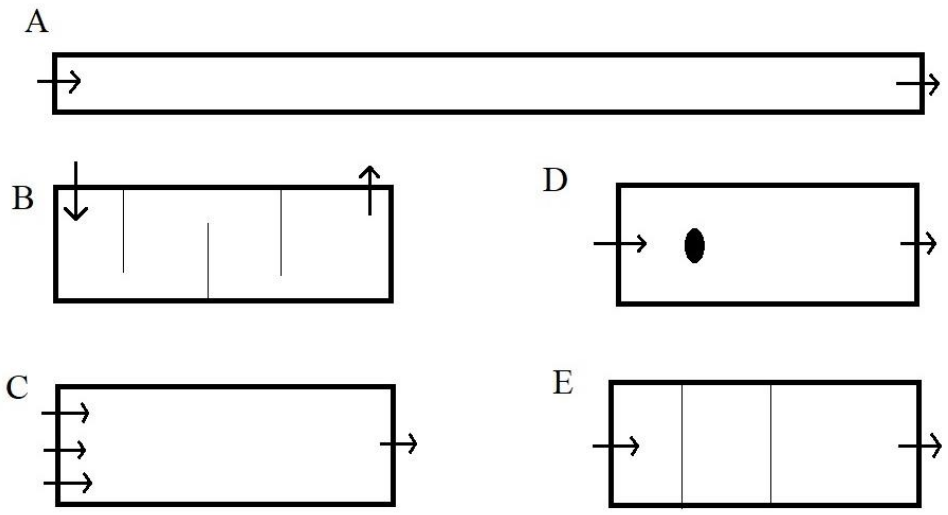
En spillvattenvåtmark utformas för reningsmekanismer som ska främjas utifrån vilka ämnen som avses avskiljas.

Sedimentation av partikelbunden fosfor och organiskt material gynnas av stillastående, djupa vattenmiljöer som helst inte påverkas av vind eller andra faktorer som kan virvla upp fastlagt bottensediment (Tonderski et al. 2002:67–102).

Grundare partier i våtmarker skapar livsrum för olika typer av växter som bromsar upp flödet av vatten (Jadhav & Buchberger 1995), filtrerar mindre partiklar och ger upphov till förbättrad denitrifikation (Bachand & Horne 2000). En variation av djupa och grunda delar skapar därför möjlighet för flera reningsprocesser samtidigt. Medeldjupet i en reningsvåtmark rekommenderas till ungefär 0,5 meter (Larm & Blecken 2019).

Lutningen på slänterna som omger våtmarken utformas så flack som möjligt för att skapa bra möjligheter för underhåll, öka markens fysiska stabilitet och minska risk för erosion och sättningar. Vilken sluttlutning som används beror på markens stabilitet och platstillgänglighet (Larm & Blecken 2019).

Reningseffekten förbättras med god hydraulisk effektivitet. Det innebär att inkommande vatten utnyttjar hela våtmarkens volym för sedimentation, filtrering och kväveomvandlande processer (Tonderski et al. 2002:67–102). Enligt Persson et al. (1999) uppnås maximal hydraulisk effektivitet med en långsmal utformning (Figur 1, A) för grunda dammar eller våtmarker. Även strukturer som sprider eller omdirigerar vattnet, exempelvis öar eller skärmar (Figur 1, B och D), ökar den hydrauliska effektiviteten. Slutligen kan också flera, utspridda inlopp (Figur 1, C) till våtmarken eller upphöjda trösklar vinkelräta mot vattenflödet (Figur 1, E) vara alternativ för att öka vattnets spridning i våtmarken.



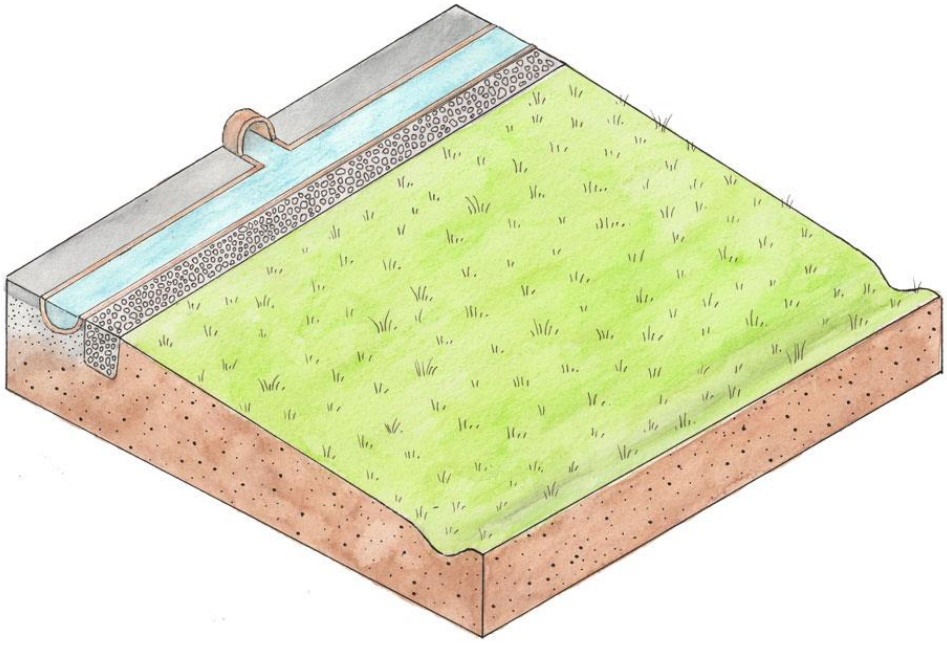

***Figur 1.*** *Utformningar av dammar och våtmarker som ger en god hydraulisk effektivitet. Figur baserad på Persson et al. (1999).*

Svenska avloppsreningsverk har i vissa fall ett biologiskt reningssteg där organiskt material bryts ned och ammonium nitrifieras till nitratkväve med hjälp av luftning och bakterier (Hässleholms Vatten u.å.). Följaktligen prioriteras i dessa fall en utformning som ger upphov till syrefattiga bottenförhållanden för hög denitrifikation som efterbehandlingssteg.

Vid reningsverk utan ett biologiskt reningssteg krävs en utformning som både möjliggör för nitrifikation och denitrifikation. Brannäs våtmark i Oxelösund använder exempelvis fyra grunda våtmarksbassänger som växelvis fylls och töms för att skapa syrerika förhållanden för nitrifikation då bassängerna är tömda och därefter främja den anaeroba denitrifikationen då bassängerna är vattenfyllda (Andersson et al. 2000).

### 2.1.3 Översilningsytor

Översilningsytor (Figur 2) är en reningsteknik som härstammar från den ängsbevattning som användes under 1800-talet för att näringsberika mark innan konstgödseln uppfunnits. Tekniken använder naturliga processer där vatten sprids över en sluttande yta och långsamt rinner, silas, över en yta med tät vegetation. I processen utnyttjas markens och växternas förmåga att fastlägga partiklar och binda in lösta näringsämnen och föroreningar (H. Kadlec & L. Knight 1996:40).



***Figur 2.*** *Översilningsyta med ett inledande spridardike och avslutande uppsamlingsdike. (Illustration av © VA-guiden, vaguiden.se.)*

Lutningen på ytan bör enligt Kadlec och Knight (1996) vara mellan 1-6 procent och släntens längd mellan 30-60 meter. Bäst avskiljning av näringsämnen uppnås om översilningsytor belastas under exempelvis 8–12 timmar per dygn och resterande tid tillåts att torka upp. Upptorkningen möjliggör mikrobiell omvandling och oxidering av näringsämnen samt att näring kan bindas till växter eller markpartiklar (ibid.).

Ytorna bör även dimensioneras för en hydraulisk belastning inom intervallet 10–100 mm/dygn för att uppnå god avskiljning samt undvika erosion och kanalbildning (ibid.).

Den hydrauliska belastningen eller ytbelastningen beräknas enligt följande ekvation (Kadlec & Wallace 2009):

$$q = \frac{Q}{A} * 1000 \quad (1)$$

där

q = Hydraulisk belastning / ytbelastning [mm/dygn]
Q = Vattenflöde [$m^3$/dygn]
A = Våtmarksarea (blöt markarea) [$m^2$]

En studie av Zirschky et al. (1989) visar att förhållandet mellan våt- och torrperiod för en översilningsyta är viktig för avskiljningen av ammonium i spillvatten. När marken blötläggs binder ammoniumjoner till markpartiklarna och under upptorkningen sker den syrekrävande nitrifikationen där ammoniumjonerna övergår till nitratkväve. Ammoniumavskiljningen gynnas av ett lågt våt:torr-förhållande, alltså av långa tider för upptorkning (ibid.).

### 2.1.4 Dimensionering

En spillvattenvåtmarks dimensionering avgörs av volymerna vatten anläggningen beräknas ta emot samt hur stor avskiljning av näringsämnen som eftersträvas. En väl dimensionerad våtmark är även viktigt för att undvika risker för erosion, kanalbildning, läckage och andra skador.

En studie som jämfört sju svenska spillvattenvåtmarker redovisar en hydraulisk belastning mellan 16 och 160 mm/d (Flyckt 2010). Anläggningarna har varit i drift mellan 7 och 17 år och deras totala våtarea varierade mellan 1,6 och 28 hektar (ibid.). Beräkningen av hydraulisk belastning redovisas i ekvation 1 i föregående avsnitt.

En viktig parameter för god avskiljning av näringsämnen och mikroföroreningar är uppehållstiden i våtmarken. En studie som jämför Sveriges fyra största spillvattenvåtmarker redovisar uppehållstider mellan 6–14 dygn. Anläggningarna är större än 20 hektar och har varierande inflöde och ytbelastning (Andersson & Kallner 2002). Mindre spillvattenvåtmarker med arean 1 till 5 hektar redovisar en uppehållstid mellan 4 och 7 dygn (Flyckt 2010).

Beräkning av uppehållstiden (τ) utförs enligt följande ekvation (Kadlec & Wallace 2009):

$$\tau = \frac{V_{aktiv}}{Q} = \frac{\varepsilon\, h\, A_{aktiv}}{Q} \quad (2)$$

där

τ = Hydraulisk uppehållstid [dygn]
$V_{aktiv}$ = Volym av våtmarken med aktivt vattenflöde [$m^3$]
Q = Vattenflöde [$m^3$/dygn]
$A_{aktiv}$ = Area av våtmarken med aktivt vattenflöde [$m^2$]
ε = Porositet (del av våtmarksvolymen som innehåller vatten) [$m^3/m^3$]
*h* = Vattendjup [m]

Spillvattenvåtmarker utgörs normalt av en stor volym vatten i förhållande till våtmarkens totala volym. Resterande volym består exempelvis av luftfyllda markporer. Förhållandet mellan vatten och den totala våtmarksvolymen ligger normalt mellan 0,9 och 0,95. Därför kan porositetskonstanten ε sättas till 1 utan några större felberäkningar som följd då den beskriver porositeten sett till hela våtmarksvolymen (H. Kadlec & L. Knight 1996:580).

### 2.1.5 Lokalisering

Utöver att spillvattenvåtmarker bör placeras i närheten av avloppsreningsverk finns ett antal markegenskaper som eftersöks vid val av plats. Marken bör bestå av en ogenomsläpplig jordart som lera för att säkerställa att vattnet inte infiltrerar, i för hög grad, ner i marken (Mitsch & Gosselink 2015:676–679). Detta är särskilt viktigt för våtmarker som renar spillvatten då vattnet annars riskerar att förorena grundvattnet (Davis 1995:18; Thorsbrink et al. 2019:12). För att underlätta växtetablering kan lerlagret överlagras av en grövre jordfraktion som silt eller sandig silt som är mer genomtränglig för rötter och vatten (Mitsch & Gosselink 2015:676–679).

Ett passande område för en spillvattenvåtmark ska helst vara stort nog för att tillgodose dagens reningsbehov samtidigt som framtida ökningar av inkommande vattenvolymer bör hållas i åtanke (Davis 1995:18). Därtill är området lämpligen beläget i en sänka dit vatten kan ledas på självfall eller med minimal höjdskillnad om pumpning krävs. En välplanerad lokalisering resulterar ofta i lägre kostnader för anläggning och skötsel samt att konflikter med närliggande verksamheter till så stor grad som möjligt kan undvikas (ibid.).

### 2.1.6 Skötsel

För att upprätthålla en god funktion av en spillvattenvåtmark krävs exempelvis muddring av bottensediment, klippning av vegetation och underhåll av tekniska komponenter (Davis 1995:41). Genom att övervaka vattenkvalitetsparametrar, flöde och vattennivåer regelbundet kan behovet av åtgärder snabbt upptäckas. Om det finns en kravställning för utgående vatten från våtmarken behöver det redan i planeringsstadiet tas hänsyn till behov av att installera provtagningsutrustning (H.

Kadlec & L. Knight 1996:701–713). Utöver provtagning är regelbunden inspektion av inlopp, utlopp och andra kontrollmekanismer viktig för att säkerställa våtmarkens funktion (ibid.).

En vanlig faktor till försämrad reningseffektivitet i en spillvattenvåtmark är brist på variation av levande och död vegetation som är en förutsättning för nitrifikationsbakterier (Andersson & Kallner 2002). Därtill är en försämrad hydraulisk effektivitet vanligt i spillvattenvåtmarker där risk för stillastående vatten och kanalbildning ökar vid kraftig igenväxning och ansamling av sediment (Dotro et al. 2017:116).

### 2.1.7 Risker för smittspridning

Enligt Livsmedelsverket (2022) bedöms mikrobiologiska föroreningar i form av bakterier, virus och protozoer utgöra en allt större risk för människors hälsa till följd av klimatförändringar som bland annat påverkar vattenflöden och temperatur. De smittor som är mest oroväckande har sitt ursprung i avloppsvatten innehållande mänskliga fekalier (Ottoson 2005) och även renat avloppsvatten utgör en risk, menar Livsmedelsverket (2022).

Spillvattenvåtmarker i Sverige har visats kunna reducera mängden indikatororganismer för virus med 70 % och indikatorer för fekala bakterier med 97–99,9 % (Stenström & Carlander 2001). Mekanismerna för reduktionen är fortfarande ett aktuellt forskningsämne men en sammanställning av Wu et al. (2016) lyfter fram processer som sedimentation, filtration, mikrobiell predation och adsorption.

Spillvattenvåtmarker utgör en väldigt låg risk för smittspridning bland människor[1]. *Salmonella* och *campylobakter* kan ge upphov till smittspridning bland fåglar men friska fåglar klarar oftast dessa infektioner utan symtom. Endast i de fall då fåglar svälter kan virus och bakterier vara livshotande. Den största risken för allvarliga sjukdomsutbrott anses kunna ske om stillastående vatten med anaeroba bottensediment torkar och blottläggs. Detta skulle potentiellt kunna leda till infektioner hos fåglar skapade av anaeroba bakterier.

Myggor är potentiella bärare av smittor (Folkhälsomyndigheten 2013) och många arter förökar sig genom att lägga sina larver i stillastående vatten och sanka miljöer (Dale & Knight 2008). Det finns två myggburna sjukdomar i Sverige som drabbar människor; ett virus som ger Ockelbosjuka samt en bakterie som orsakar harpest (Folkhälsomyndigheten 2013). Smittspridningen av Ockelbosjuka är geografiskt begränsad till mellersta Sverige och kopplas endast till två myggarter (Tonderski et al. 2002:188). Harpest begränsas, förutom av antalet myggor, även av tillgången på värddjuret gnagare som kan variera stort i antal mellan åren (Folkhälsomyndigheten 2017).

[1] Björn Olsen, överläkare och professor i infektionssjukdomar, personlig kommunikation 16 februari 2022

## 2.2 VÅTMARKSFÅGLAR

Fåglar påverkas snabbt av förändringar i sin miljö och de används ofta som bioindikatorer (Padoa-Schioppa et al. 2006; Green & Elmberg 2014). Våtmarksfåglar kan ge en god indikation av tillståndet i en våtmarks ekosystem då de påverkas av tillgången på föda, som växtlighet och evertebrater, och förekomsten av miljöfarliga ämnen. Dessutom bidrar närvaron av våtmarksfåglar till en kontroll av skadedjur, spridning av frömaterial och cirkulation av näring. (Green & Elmberg 2014)

Minskningen av antalet våtmarksfåglar kan kopplas till den stora förlust av våtmarksmiljöer som skett i landet historiskt samt hur vi idag brukar dessa miljöer (Gunnarsson & Löfroth 2009:13–19).

Det landskap som människor och våtmarksfåglar tidigare delade under århundraden har på kort tid minskat kraftigt. Detta landskap präglades av betesdjur och slåtter på då värdefulla våtmarksstränder och mader (Alexandersson et al. 1986:11). Årliga översvämningar av våtmarkerna gödslade naturligt den intilliggande marken och den kraftiga växligheten som följde utnyttjades som foder för djur (Edelstam & Pehrsson 2002; Gunnarsson & Löfroth 2009). Djurens närvaro och den kontinuerliga slåttern skapade variationsrika, öppna strandängar som en mängd olika fågelarter gynnades eller var helt beroende av (Alexandersson et al. 1986:11).

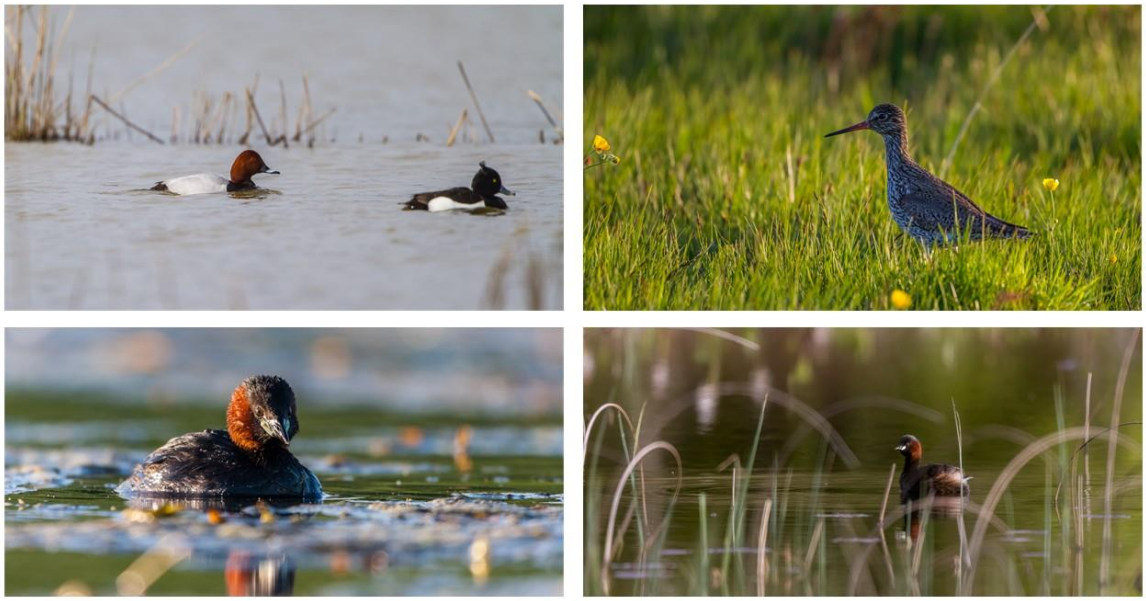
### 2.2.1 Arter och populationstrender

De grupper av fåglar som ofta uppehåller sig vid våtmarker är gäss, svanar, änder, doppingar, vadare, rallfåglar, sumphöns, måsfåglar och tärnor. Därtill används våtmarker som rastplatser eller födosöksplatser av rovfåglar och en mängd småfåglar som ärlor och lärkor (Strand 2008). Änder och vadare hör till de grupper som visar starkast negativ populationstrend över den senaste 20-årsperioden. Samtidigt finns nu även tidigare vanliga arter som skratt- och fiskmås med på Artdatabankens rödlista (Tabell 1). En del av förklaringen till detta menar Wirdheim och Green (2022) har att göra just med de stora förändringar inom jordbruket på 1900-talet med bland annat utdikningar av våtmarker.

***Tabell 1**. Ett urval av de fågelarter som förekommer vid våtmarker, deras status i artdatabankens rödlista samt deras populationstrender enligt Svensk fågeltaxering 2020. (Wirdheim & Green 2022).*

▲ *innebär måttlig ökning, <5% per år.*
▲▲ *innebär kraftig ökning, >5% per år.*
▼ *innebär måttlig minskning, <5% per år.*
▼▼ *innebär kraftig minskning, >5% per år.*
*= innebär liten variation mellan åren (stabil).*
*≈ innebär stor variation mellan åren (osäker).*

| Familj | Fågelart | Status enligt rödlistan 2020 | Trend 20 år (2000–2020) | Trend 10 år (2011–2020) |
|---|---|---|---|---|
| *Änder* | Kanadagås | - | ▼ | = |
| | Grågås | - | ▲ | ▲▲ |
| | Knölsvan | - | ▲ | ▲ |
| | Sångsvan | - | ▲ | ▲▲ |
| | Gravand | Nära hotad (NT) | ▼ | ▼▼ |
| | Årta | Starkt hotad (EN) | ▼ | ▼ |
| | Skedand | Nära hotad (NT) | ≈ | ≈ |
| | Snatterand | - | ▲▲ | ▲▲ |
| | Bläsand | Sårbar (VU) | ▼▼ | ≈ |
| | Gräsand | - | = | = |
| | Stjärtand | Sårbar (VU) | ▼ | ▼ |
| | Kricka | Sårbar (VU) | ▼ | ≈ |
| | Brunand | Starkt hotad (EN) | ▼ | ▼ |
| | Vigg | - | = | ≈ |
| | Knipa | - | ▼ | ▲ |
| *Doppingar* | Smådopping | Nära hotad (NT) | ▲ | ▲ |
| | Gråhakedopping | - | ≈ | ≈ |
| | Skäggdopping | - | ▲ | ≈ |
| | Svarthakedopping | - | ≈ | ≈ |
| | Svarthalsad dopping | Starkt hotad (EN) | ▲ | ▲ |
| *Hägrar* | Rördrom | Nära hotad (NT) | = | ≈ |
| | Gråhäger | - | ▼ | ▲▲ |
| *Rallar* | Vattenrall | - | = | ▲ |
| | Kornknarr | Nära hotad (NT) | ≈ | ≈ |
| | Rörhöna | - | ▼ | ▲ |
| | Sothöna | - | = | ▲▲ |
| *Strandskator* | Strandskata | Nära hotad (NT) | = | = |
| *Vipor och pipare* | Tofsvipa | Sårbar (VU) | ▼ | ▼ |
| | Större strandpipare | - | ▲ | ≈ |
| *Snäppor* | Storspov | Starkt hotad (EN) | ▼ | ▼ |
| | Brushane | Sårbar (VU) | ≈ | ≈ |
| | Kärrsnäppa (sydl.) | Akut hotad (CR) | ▼ | ▼ |
| | Enkelbeckasin | - | = | ▲ |
| | Drillsnäppa | Nära hotad (NT) | ▼ | = |
| | Rödbena | - | ▲ | = |
| *Måsfåglar* | Skrattmås | Nära hotad (NT) | ▼ | ▼ |
| | Fiskmås | Nära hotad (NT) | ▼ | = |
| *Tärnor* | Fisktärna | - | = | = |
| | Svarttärna | Sårbar (VU) | ▼ | ▼ |



***Figur 3.*** *Exempel på våtmarksfåglar och deras habitat. Överst från vänster visas en brunand tillsammans med en vigg och överst till höger syns en rödbena. Nertill i figuren visas två bilder av en smådopping. Foto: Björn Dellming ©*

### 2.2.2 Habitat och levnadsmiljöer

Våtmarker är en av de mest produktiva och varierade miljöerna som finns på jorden och inhyser därför en koncentration av olika livsformer på en liten yta (Strand 2008). Variationerna i markfuktighet, vegetationstäthet och vattendjup är viktiga för olika grupper av våtmarksfåglar (Alexandersson et al. 1986).

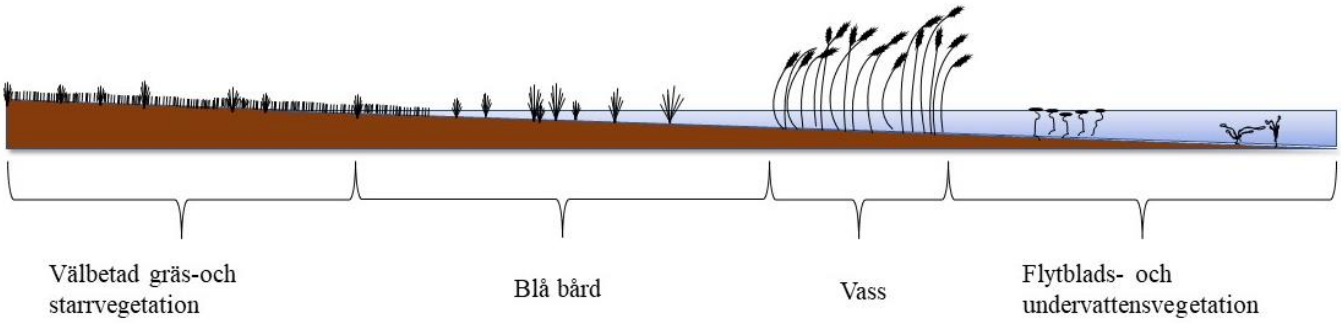
Vadare som strandskata, rödbena och tofsvipa uppskattar öppna, gräsbevuxna, flacka stränder intill våtmarker. Fuktighetsgradienten som utvecklas längs med stränderna producerar maskar, skalbaggar och sländor som vadarna livnär sig på. Vadare undviker ofta stränder med allt för mycket högväxt vegetation då träd och buskar på stränderna kan utgöra platser för predatorer. (Alexandersson et al. 1986).

I den grunda delen av vattnet med ömsom vassvegetation, ömsom öppet vatten, trivs de flesta simänder, exempelvis årta, skedand och kricka. De öppna, vegetationsfria miljöerna uppstår sällan naturligt utan kräver hävd i form av bete eller slåtter för att inte växa igen. Bete ut i vattnet ger en så kallad ”blå bård” av grunt, öppet vatten mellan stranden och vassvegetationen, där vattentemperaturen snabbt ökar på våren och skapar en lockande miljö för rastande änder (Figur 4). (Alexandersson et al. 1986; Strand 2008)

På öppet vatten med ett djup på en meter eller djupare trivs dykänder, svanar och doppingar tillsammans med skrattmåsar som gärna etablerar sig på öar i våtmarken. Svanar, doppingar och dykänder söker föda i undervattensvegetationen eller bottensedimenten och reder sitt bo i vasskanten.

Vattenrallar, rördrommar och sothöns letar boplats och föda i tät vass- eller starrvegetation. Tillskillnad från andra våtmarksfåglar är denna grupp väl anpassad för snåriga buskage och täta bälten av bladvass och bredkaveldun (Alexandersson et al. 1986; Strand 2008).

Sammanfattningsvis erbjuder våtmarker många olika habitat för en mängd olika våtmarksfåglar och ett resultat av mänsklig hävd och skötsel är att fler arter gynnas (Svensson & Glimskär 1994). Studier visar även att mångfalden av fåglar ökar vid våtmarker med större andel översvämmade ytor samt att antalet våtmarksfåglar ökar i våtmarker med flera öppna vattenytor (Kačergytė et al. 2021).




***Figur 4.*** *Figuren visar en förenklad strandprofil vid en välhävdad våtmark uppdelad i zoner. Från vänster den torrare våtängen med betad gräs- och starrvegetation följt av den blå bården som änder och vadare uppskattar. Därefter följer vassbältet och det öppna vattnet där djupet endast tillåter flytblads- eller undervattensvegetation.*

### 2.2.3 Lokalisering av fågelvåtmarker

Var en våtmark kan bidra mest till fågellivet beror mycket på hur det omkringliggande landskapet ser ut. Tillskillnad från groddjur och fiskar är fåglar mer mobila och flyger obehindrat till en ny våtmark. Därför är närheten till andra vattenmiljöer inte lika viktiga för fåglar som för fisk- och groddjur. Strand (2008) menar dock att närheten till hav påverkar artvariationen av då flertalet arter som trivs vid havsstrandängar även uppskattar våtmarksstränder. Därtill utgör kustlinjen en naturlig flyttväg under vår och höst vilket gör kustnära våtmarker till lämpliga rastplatser. Vidare poängterar Strand att även om ett komplex av flera våtmarker inom ett område generar fler häckande fågelarter bidrar en enskild ny våtmark i ett annars våtmarksfattigt område mycket till att öka områdets landskaps- och fågeldiversitet. Avslutningsvis skriver Strand att i den mån det är möjligt bör våtmarker anläggas med ett visst avstånd till skog eller träddungar som gynnar predatorer. Skog i närheten av våtmarker har även visat sig ha en negativ effekt på antalet fågelungar som föds upp (Kačergytė et al. 2021).

### 2.2.4 Skötsel av fågelvåtmarker

Succession eller igenväxning av våtmarker sker idag snabbare än tidigare till följd av ökad övergödning (Lehikoinen et al. 2017). Växtlighet i spillvattenvåtmarker växer av samma anledning snabbare än i naturliga våtmarker (Meuleman et al. 2002).

För att undvika att våtmarker på sikt växer igen behöver vegetation klippas regelbundet. En finsk studie av Lehikoinen et al. (2017) har visat att det mest kostnadseffektiva sättet att sköta vegetationen på en våtmarksstrand är att ha betande nötkreatur. Därtill visades även att bete som skötselmetod gynnade fler arter av våtmarksfåglar, jämfört med slåtter. Anledningen till detta tros vara att betesdjur skapar en gräsyta med större variation i längd än en klippt eller slagen yta samt att

djurens dynga skapar förutsättningar för ett rikt insektliv på platsen (ibid.). Dessutom betar djuren gärna en bit ut i vattnet vilket håller nere vass och bredkaveldun som annars snabbt tar över i strandkanterna (Strand 2008).

Alternativet till bete är slåtter med hjälp av maskiner som slåtterbalk. Genom att använda redskap eller maskiner som klipper eller skär av gräset gynnas mångfalden av insekter och växter på marken. Gräset blir mindre känsligt för torka om det skärs av istället för att slås eller slitas av med roterande maskiner (Lennartsson & Westin 2019:95–97). Det avslagna växtmaterialet bör helst samlas ihop och tas bort från platsen för att möjliggöra fröspridning av mer konkurrenssvaga arter (Strand 2008) och underlätta födosökandet för ett flertal fågelarter (Alexandersson et al. 1986).

En viktig faktor för fågellivet är att slåttern inte sker under fåglarnas häckningsperiod mellan april och början av augusti, beroende på var i landet våtmarken är belägen (Svensson & Glimskär 1994; Strand 2008).

För att klippa vegetation som växer i djupare vatten krävs mer arbete. Lämpligast är att använda amfibiegående maskiner med ett monterat slåtteraggregat som kommer åt att klippa även under vattenytan (Strand 2008).

I naturliga vattenregimer skapar omväxlande höga och låga vattenstånd en stress hos vattenväxter. Vattenståndsvariationen undertrycker de allra mest snabbväxande arterna såsom vass, som annars riskerar att konkurrera ut andra växter. Om möjligheten finns att reglera vattennivåerna i våtmarken är därför en önskvärd skötselmetod att efterlikna naturliga regimer med höga nivåer på våren och hösten och lägre under sommar och vinter (Alexandersson et al. 1986; Strand 2008).

Fisk kan dessutom motarbetas med hjälp av att tömma våtmarken eller låta den bottenfrysa på vintern. Våtmarksfåglar och fiskar konkurrerar ofta om samma undervattensvegetation och fiskar tenderar att grumla upp bottensediment vilket medför lägre ljusinsläpp för den viktiga undervattensvegetationen (Strand 2008). Dessa naturliga fluktuationer av vattennivån gynnar fågellivet, speciellt i kombination med bete eller slåtter (Żmihorski et al. 2016). Dock kan även en del myggarter gynnas eftersom de gärna utnyttjar predationsfria pölar för att lägga sina ägg i. Denna typ av pölar kan ibland uppstå efter högvatten (Tonderski et al. 2002).

# 3. METOD OCH DATA

## 3.1 CHECKLISTA FÖR FÅGEL- OCH SPILLVATTENVÅTMARK

För att besvara arbetets syfte har en checklista för en kombinerad fågel- och spillvattenvåtmark tagits fram. Checklistan ämnar fungera som ett praktiskt verktyg i arbetet med att utforma nya spillvattenvåtmarker men även för att sköta, modifiera och utöka befintliga spillvattenvåtmarker.

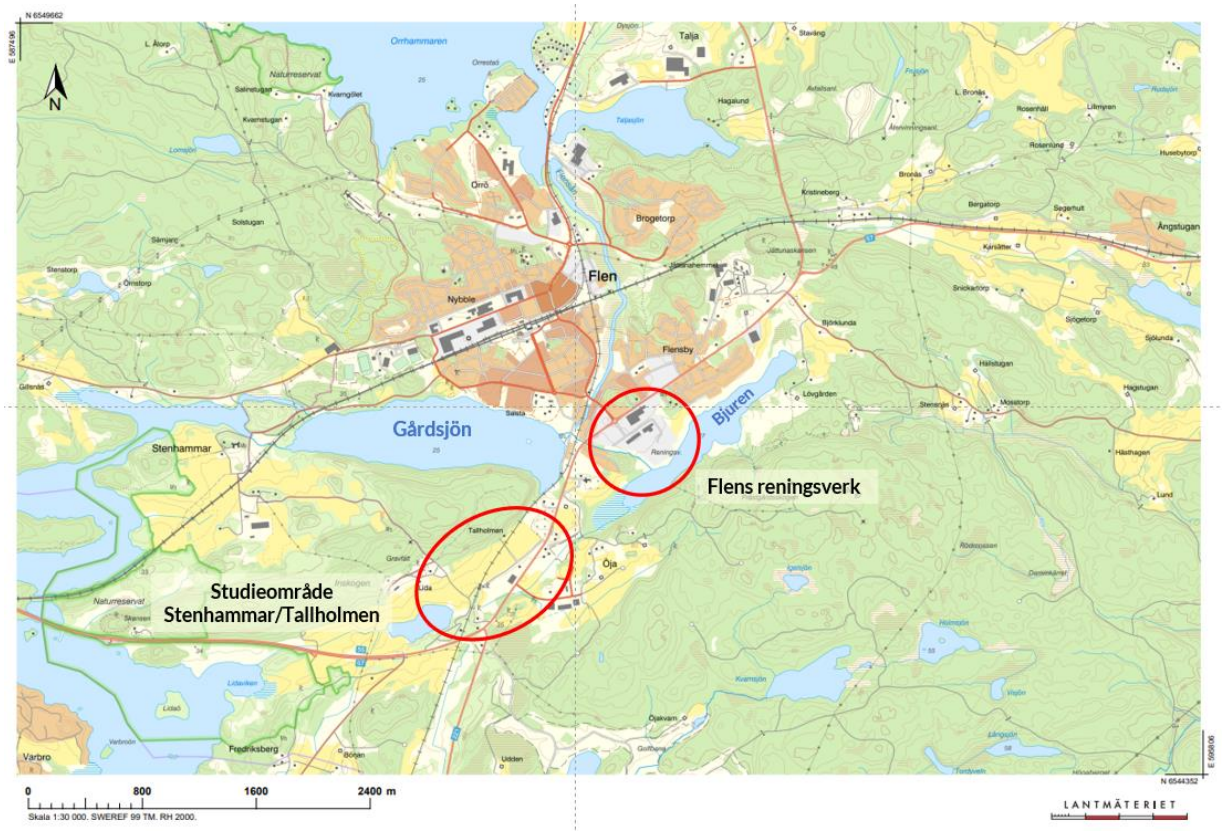
I arbetet med checklistan jämfördes spillvattenvåtmarker och fågelvåtmarker med tanke på utformning. Till grund för jämförelsen låg litteraturstudien i denna rapport (Avsnitt 2) och frågan huruvida det finns utformningar av spillvattenvåtmarker som kan anpassas för att gynna fågellivet och samtidigt bevara de funktioner som möjliggör en effektiv avskiljning av näringsämnen och mikroföroreningar. Listan utgår från spillvattnets kemi och föreslår olika utformningsalternativ som möjliggör en avskiljning av de näringsämnen eller mikroföroreningar som ofta önskas och kan avskiljas i våtmarker. Därtill föreslås anpassningar för varje utformningsalternativ som syftar till att skapa förbättrade förutsättningar för fågelliv.

Checklistan presenteras i avsnitt 4.1och en fördjupning av checklistan finns i Bilaga B1

## 3.2 UTFORMNINGSFÖRSLAG FÖR SPILLVATTENVÅTMARK I FLEN

Därefter applicerades checklistan på ett verkligt fall, en fallstudie där det har funnits idéer att anlägga en spillvattenvåtmark. Genom att ta fram ett konkret utformningsförslag kunde frågeställningen angående vilka och hur stora möjligheter det finns att utforma en spillvattenvåtmark efter fåglars behov besvaras.

Ett flertal kommuner och kommunala VA-bolag kontaktades för att etablera ett samarbete där det antingen redan fanns en befintlig spillvattenvåtmark eller där det fanns planer på att anlägga en. Det kommunala VA-bolaget Sörmland Vatten och Avfall AB (Sörmland Vatten) som driver Flens avloppsreningsverk har 2017 låtit ta fram en förstudie till lokalisering av en spillvattenvåtmark. Förstudien undersökte tre möjliga platser nära Flens reningsverk som skulle kunna användas för att anlägga en spillvattenvåtmark och pekade ut området Stenhammar/Tallholmen som en lämplig plats (Figur 5).




***Figur 5.*** *Översiktskarta över Flen där studieområdet Stenhammar/Tallholmen och Flens reningsverk är utmarkerat. Karta: © Lantmäteriet*

Vid tidpunkten för detta examensarbete hade idén tagits vidare av Flens kommun. Därmed vidgades även syftet med den tänkta våtmarken. Den önskas bidra med polering av renat avloppsvatten från reningsverket men också ha ett stort fokus på biologisk mångfald och rekreation. Därför togs den initiala förstudien vidare för att konkretiseras på den föreslagna platsen och anpassas med extra fokus på fågelliv.

### 3.2.1 Kartmaterial

Programmet som användes för att studera, bearbeta och ta fram kartmaterial var QGIS (QGIS Development Team 2022). Underlag i form av shape-filer erhölls av Flens kommun. Där ingick bland annat ortofoto, höjdmodell, översiktsplaner för en framtida ombyggnation av väg 55 och fastighetsytor. Höjdmodellen studerades översiktligt inför fältbesöket för att avgöra vilka områden som bäst lämpar sig som våtmarksområden. Därefter utgjorde höjdmodellen grunden för det utformningsförslag som togs fram.

### 3.2.2 Noggrannhet

Utformningsförslaget bygger på ett antal antaganden och osäkerheter i data. Samtliga värden i rapporten redovisas med två värdesiffrors noggrannhet.

### 3.2.3 Fältbesök

Ett fältbesök genomfördes på den tilltänkta platsen Stenhammar/Tallholmen i Flen den 13 april 2022 tillsammans med handledaren Hannes Öckerman, WRS och Josefins Smeds, miljöstrateg på Flens kommun. Platsen består idag av tre avskilda ytor, varav två är åkermark och en yta är sumpmark. På plats utfördes en

övergripande okulär besiktning av området och diskussioner hölls kring förutsättningar och önskemål för en framtida spillvattenvåtmark.

Därtill genomfördes höjdmätningar av markytor och vattenytor på platser som antogs viktiga för utformandet av våtmarken.

Inmätning av höjder utfördes med en GPS av modell *GeoMax Zenith35 PRO*. Mätdatat var tänkt att komplettera de erhållna höjddata från Flens kommun. Datapunkterna från inmätningen överfördes som ett shape-lager med punktdata till karthanteraren QGIS. Alla kartfiler använde koordinatsystemet SWEREF 99 16 30 och höjdsystemet RH 2000.

Enklare jordprover togs med en handhållen jordborr på de ytor som består av åkermark (område 1 och 2, Figur 6) i ett försök att avgöra var den lerdominerade tätare åkermarken övergår till mer genomsläppligt isälvsmaterial. Enligt jordartskartan löper en åsrygg med isälvsmaterial intill åkermarken.

Vidare granskades befintliga brunnar och diken för att avgöra hur vatten rör sig i området idag. Även kulvertar och diken öster om det tilltänkta våtmarksområdet inspekterades för att bedöma kapacitet och funktion då de är tilltänkta att vara mottagare för våtmarkens utloppsvatten. Avslutningsvis följdes utloppsdiket hela vägen ner till recipienten Bjuren och slutligen Gårdsjön för att bedöma huruvida diket kan ta emot större flöden eller om det kan finnas behov av breddning eller liknande.

***Figur 6**. Översiktskarta över södra Flen och det studerade området Stenhammar/Tallholmen. Områdena 1 och 2 är idag åkermark, område 3 är sumpmark. Röd streckad linje i figurens nedre del visar utbredningen av den planerade utbyggnationen av väg 55.*

### 3.2.4 Scenarier för dimensionering

Underlag för vilka mängder näringsämnen och mikroföroreningar som förväntas avskiljas i en framtida spillvattenvåtmark erhölls genom intervju med Emelie Öberg, processingenjör på Sörmland Vatten. Syftet med intervjun var att klarlägga vilken typ av rening som ansågs mest angelägen för verkets renade spillvatten samt uppskatta vilka flöden och halter som reningsverket bedöms producera i framtiden.

Miljörapporter från 2018, 2020 och 2021 för Flens avloppsreningsverk användes vid dimensioneringen av utformningsförslaget. Rapporterna utgör tillsammans scenario 1. Detta scenario är ett beräknat medelvärde av inkommande spillvattenflöde, personekvivalenter (pe) anslutna till verket och belastning av kväve, fosfor och BOD under de tre åren och är tänkt att representera ett nutidsläge (Tabell 2).

***Tabell 2**. Data för utgående flöde, anslutna personekvivalenter (pe) till reningsverket och mängder näringsämnen och BOD i utgående vatten från Flens avloppsreningsverk åren 2018, 2020 och 2021.Medelvärden representerar scenario 1.*

| Parameter | 2018 | 2020 | 2021 | Enhet |
|---|---|---|---|---|
| Flöde | 1 600 000 | 1 500 000 | 1 500 000 | $m^3$/år |
| Anslutna | 9 600 | 9 500 | 9 200 | pe totalt |
| N-tot | 20 | 20 | 22 | mg/l |
| P-tot | 0,11 | 0,11 | 0,11 | mg/l |
| $BOD_7$ | 7,0 | 9,0 | 5,2 | mg/l |

Fler områden och personer planeras i framtiden kopplas på Flens avloppsreningsverk. På längre sikt ska dessutom reningsverket byggas ut för att kunna omhänderta upp till 30 000 pe. När utbyggnaden ska ske är ännu inte bestämt. Beräkningar för framtida belastning och flöden av spillvatten baserades på två olika scenarier med data från Sörmland Vatten. Dessa scenarier används framöver för att utvärdera hur utformningsförslaget för spillvattenvåtmarken skulle klara av förväntade framtida flöden och belastning.

Scenario 2 inkluderar befintliga flöden från Flens avloppsreningsverk samt Malmköping. Därtill har flöden beräknade utifrån schablonvärden adderats för invånare i områdena Fornbo, Fållökna och Malmsjöberg. Detta scenario är tänkt att efterlikna ett mellansteg från idag fram till dess att utbyggnaden av reningsverket står färdig. Då beräknas samtliga nämnda områden vara påkopplade till Flens avloppsreningsverk.

Scenario 3 baseras på det tak på 30 000 personekvivalenter som Sörmland Vatten beräknar kunna ta emot till Flens avloppsreningsverk efter färdigställd ombyggnad.

Det ska poängteras att halter av kväve, fosfor och BOD för scenario 1 baseras som nämnts på uppmätta data. Scenario 2 och 3 baseras på schablonvärden och förväntade utsläppsvillkor i miljötillståndet för reningsverket och inte nödvändigtvis på förväntade halter i det renade spillvattnet. En sammanställning av flöden och halter för samtliga tre scenarier redovisas i Tabell 3.

***Tabell 3.*** *Data från Sörmland Vatten som beskriver tre scenarier för utgående renat spillvatten från Flens avloppsreningsverk.*

| Parameter | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 | Enhet |
|---|---|---|---|---|
| Flöde | 1 500 000 | 2 000 000 | 3 800 000 | $m^3$/år |
| Anslutna | 9500 | Ingen uppgift | 30 000 | pe totalt |
| N-tot | 21 | 20 | 20 | mg/l |
| P-tot | 0,11 | 0,30 | 0,30 | mg/l |
| $BOD_7$ | 7,1 | 10 | 10 | mg/l |

### 3.2.5 Beräkningsmetod

För att dimensionera och utvärdera det framtagna förslaget för spillvattenvåtmarken har den hydrauliska belastningen beräknats med hjälp av ekvation 1 (Avsnitt 2.1.3 **Översilningsytor**). Värdet för arean som används i ekvationen beräknades med QGIS inbyggda funktioner.

Exempelberäkning av hydraulisk belastning

$$\frac{4\ 200\ 000\ \left[{}^{l}/_{d}\right]}{40\ 000\ [m^2]} = 105\ \left[{}^{mm}/_{d}\right]$$

Uppehållstiden beräknades med hjälp av ekvation 2 (Avsnitt 2.1.3 **Översilningsytor**). Värdet för porositet ε i våtmarken uppskattades till 1 och medeldjupet $h$ uppskattades till 500 mm efter undersökning av föreslagna höjder på vattenytor och befintliga höjddata i utformningsförslaget. Den aktiva arean $A_{aktiv}$ sattes till våtmarkens totala våtarea.

Exempelberäkning av uppehållstid

$$\frac{1\ [m^3/m^3] * 0{,}5\ [m] * 40\ 000\ [m^2]}{4200\ \left[{}^{m^3}/_{d}\right]} = \ 4{,}8\ [d]$$

Data för de tre scenarierna kommer från Sörmland Vatten och beräkningar som utförts med denna data har innefattat beräkning av medelvärden.

Exempelberäkning av medelvärde

$$\frac{9600 + 9500 + 9300\ [pe]}{3\ [antal\ år]} = \ 9467\ \approx 9500\ [pe]$$

Inbyggda funktioner i QGIS användes för att mäta parametrar för spillvattenvåtmarken som exempelvis areor, längder och höjdskillnader.

### 3.2.6 Visualisering

QGIS användes för att skapa en bild av utformning, olika konstruktioner och komponenter i den tilltänkta spillvattenvåtmarken. Ett ortofoto över området Stenhammar/Tallholmen användes som bakgrund. Över denna karta ritades polygoner och linjer för att visualisera våtmarkens olika delar. Alla anläggningstyper tilldelades ett enskilt mönster eller färg.

# 4. RESULTAT

## 4.1 CHECKLISTA FÖR FÅGEL- OCH RENINGSVÅTMARK

Checklistan i Tabell 5 har tre huvudrubriker och läses från vänster till höger för varje näringsämne eller mikroförorening under rubriken ”Vattenkemi”. Checklistan kompletteras med ett fördjupande dokument som presenteras i Bilaga B1. Det fördjupande dokumentet beskriver utformningsalternativen och anpassningarna i mer detalj. Därtill beskrivs generella hänsynstaganden som bör beaktas vid anläggning av spillvattenvåtmarker med fokus på fågelliv.

## 4.2 UTFORMNINGSFÖRSLAG FÖR SPILLVATTENVÅTMARK I FLEN

Resultaten sammanfattas i kommande tre avsnitt där det första avsnittet redogör för flöden, hydrauliska belastningar och uppehållstider i spillvattenvåtmarken. Vidare redovisas utformningsförslaget visuellt med hjälp av en kartbild med beskrivande text (Figur 7). Slutligen utvärderas utformningsförslaget (Tabell 6) med hjälp av den checklista som tagits fram.

### 4.2.1 Flöde, belastning och uppehållstid

Teoretiska beräkningar för hydraulisk belastning och uppehållstid i de tre scenarierna har beräknats utifrån angivna flöden och redovisas nedan i Tabell 4. Notera att scenario 3 resulterar i mer än en fördubbling av flödet från scenario 1 samt att hydraulisk belastning och uppehållstid varierar stort mellan samtliga scenarier.

***Tabell 4.*** *Resulterande flöde, belastning och uppehållstid för spillvattenvåtmarken Stenhammar/Tallholmen i de tre scenarier som tagits fram med hjälp av data från Sörmland Vatten och Avfall.*

| **Scenario** | **Flöde** $Q$ [$m^3$/d] | **Hydraulisk belastning** $q$ [mm/d] | **Uppehållstid** $\tau$ [d] |
|---|---|---|---|
| 1 | 4 100 | 100 | 4,8 |
| 2 | 5 500 | 140 | 3,6 |
| 3 | 11 000 | 270 | 1,9 |

### 4.2.2 Utformningsförslag

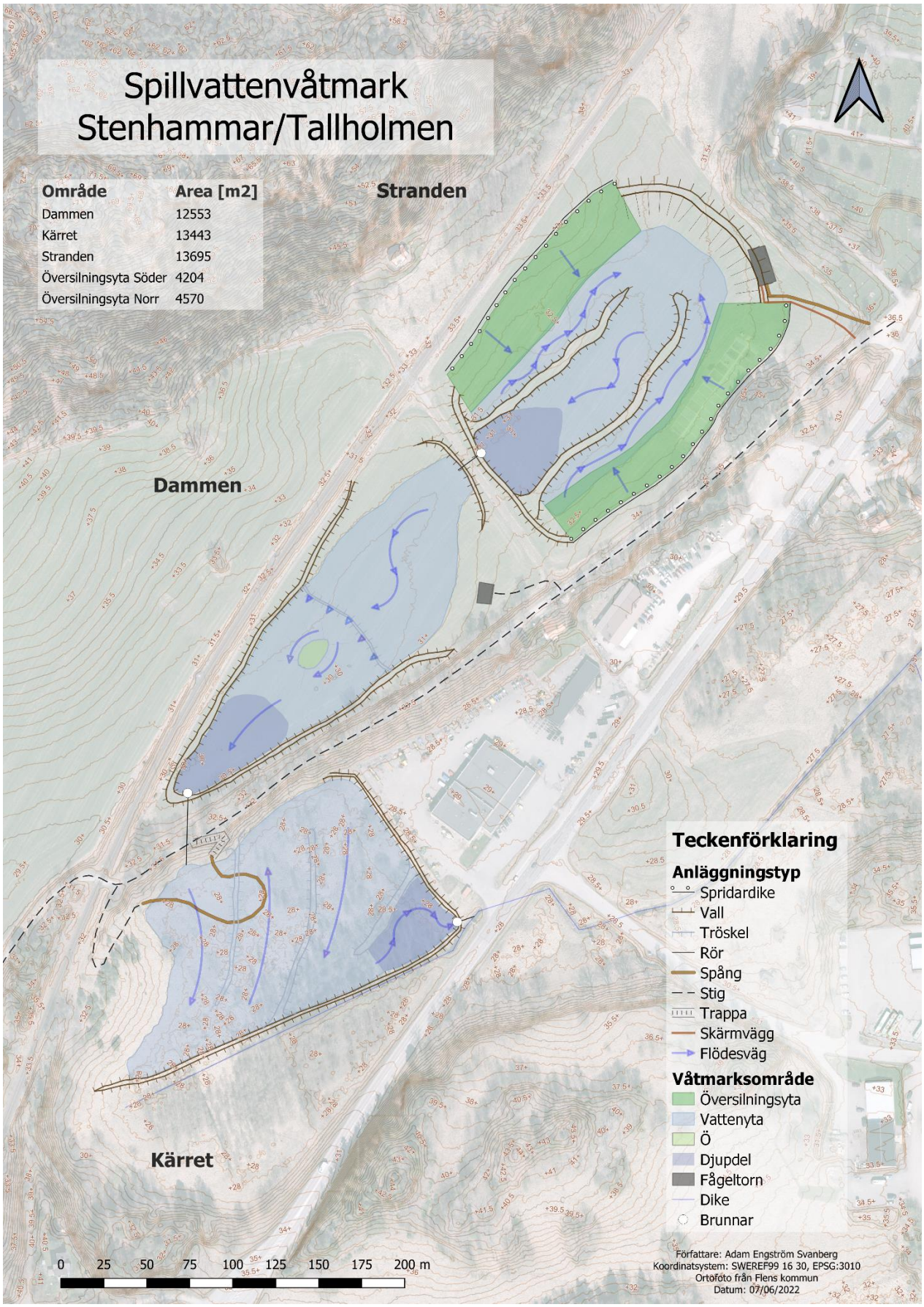
Spillvattenvåtmark Stenhammar/Tallholmen redovisas i Figur 7. Utformningsförslaget visar tre våtmarksområden som har namngetts *Stranden*, *Dammen* och *Kärret*, sett från norr till söder i kartan. Därtill ses översilningsytor i angränsning till våtmarksområdet *Stranden*. I figuren finns även en tabell med areor för samtliga våtmarksområden och översilningsytor. Nere till höger i kartan finns en teckenförklaring för de olika typer av anläggningar som finns i området.

***Tabell 5.*** *En checklista som beskriver vilken utformning en spillvattenvåtmark bör ha med tanke på inkommande spillvattens vattenkemi samt hur utformningen kan anpassas för fågelliv.*

| **Vattenkemi** | | **Utformningsalternativ** [a)] | | **Anpassning för fågelliv** [b)] | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ammonium | ☐ | Översilningsytor | ☐ | Skötsel utanför häckningstid | ☐ |
| | | Grunda dammar | ☐ | Strandmiljö | ☐ |
| | | | | Blå bård | ☐ |
| | | | | Öppet vatten | ☐ |
| | | | | Öar | ☐ |
| | | | | Tät vegetation | ☐ |
| BOD | ☐ | Översilningsytor | ☐ | Skötsel utanför häckningstid | ☐ |
| | | Grunda dammar | ☐ | Strandmiljö | ☐ |
| | | | | Blå bård | ☐ |
| | | | | Öppet vatten | ☐ |
| | | | | Öar | ☐ |
| | | | | Tät vegetation | ☐ |
| Nitrat | ☐ | Djupa dammar | ☐ | Öppet vatten | ☐ |
| | | | | Öar | ☐ |
| | | | | Tät vegetation | ☐ |
| | | Slingrighet | ☐ | Strandmiljö | ☐ |
| | | | | Öar | ☐ |
| Fosfor | ☐ | Djupa dammar | ☐ | Öppet vatten | ☐ |
| | | | | Öar | ☐ |
| | | | | Tät vegetation | ☐ |
| | | Vindskydd | ☐ | Tät vegetation | ☐ |
| Mikroplaster | ☐ | Djupa dammar | ☐ | Öppet vatten | ☐ |
| | | | | Öar | ☐ |
| | | | | Tät vegetation | ☐ |
| | | Översilningsytor | ☐ | Skötsel utanför häckningstid | ☐ |
| | | Grunda dammar | ☐ | Strandmiljö | ☐ |
| | | | | Blå bård | ☐ |
| | | | | Öppet vatten | ☐ |
| | | | | Öar | ☐ |
| | | | | Tät vegetation | ☐ |
| Läkemedelsrester | ☐ | Grunda dammar | ☐ | Strandmiljö | ☐ |
| | | | | Blå bård | ☐ |
| | | | | Öppet vatten | ☐ |
| | | | | Öar | ☐ |
| | | | | Tät vegetation | ☐ |
| Smittämnen | ☐ | Djupa dammar | ☐ | Öppet vatten | ☐ |
| | | | | Öar | ☐ |
| | | | | Tät vegetation | ☐ |
| | | Översilningsytor | ☐ | Skötsel utanför häckningstid | ☐ |
| | | Grunda dammar | ☐ | Strandmiljö | ☐ |
| | | | | Blå bård | ☐ |
| | | | | Öppet vatten | ☐ |
| | | | | Öar | ☐ |
| | | | | Tät vegetation | ☐ |

*a) Fördjupande förklaring läses i bilaga B1, sektion A och B*

*b) Fördjupande förklaring läses i bilaga B1, sektion C och D*




***Figur 7.*** *Utformningsförslag för spillvattenvåtmark Stenhammar/Tallholmen*

### 4.2.3 Utvärdering av utformningsförslag med checklista

***Tabell 6.*** *Utformningsförslaget för spillvattenvåtmarken Stenhammar/Tallholmen utvärderad med checklistan för fågel - och reningsvåtmarker.*

| **Vattenkemi** | | **Utformningsalternativ** [a)] | | **Anpassning för fågelliv** [b)] | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ammonium | ✓ | Översilningsytor | ✓ | Skötsel utanför häckningstid | ☐ |
| | | Grunda dammar | ✓ | Strandmiljö | ✓ |
| | | | | Blå bård | ☐ |
| | | | | Öppet vatten | ☐ |
| | | | | Öar | ✓ |
| | | | | Tät vegetation | ✓ |
| BOD | ✓ | Översilningsytor | ✓ | Skötsel utanför häckningstid | ☐ |
| | | Grunda dammar | ✓ | Strandmiljö | ✓ |
| | | | | Blå bård | ☐ |
| | | | | Öppet vatten | ☐ |
| | | | | Öar | ✓ |
| | | | | Tät vegetation | ✓ |
| Nitrat | ✓ | Djupa dammar | ✓ | Öppet vatten | ✓ |
| | | | | Öar | ✓ |
| | | | | Tät vegetation | ☐ |
| | | Slingrighet | ✓ | Strandmiljö | ✓ |
| | | | | Öar | ✓ |
| Fosfor | ✓ | Djupa dammar | ✓ | Öppet vatten | ✓ |
| | | | | Öar | ✓ |
| | | | | Tät vegetation | ☐ |
| | | Vindskydd | ☐ | Tät vegetation | ☐ |
| Mikroplaster | ✓ | Djupa dammar | ✓ | Öppet vatten | ✓ |
| | | | | Öar | ✓ |
| | | | | Tät vegetation | ☐ |
| | | Översilningsytor | ✓ | Skötsel utanför häckningstid | ☐ |
| | | Grunda dammar | ✓ | Strandmiljö | ✓ |
| | | | | Blå bård | ☐ |
| | | | | Öppet vatten | ☐ |
| | | | | Öar | ✓ |
| | | | | Tät vegetation | ✓ |
| Läkemedelsrester | ✓ | Grunda dammar | ✓ | Strandmiljö | ✓ |
| | | | | Blå bård | ☐ |
| | | | | Öppet vatten | ☐ |
| | | | | Öar | ✓ |
| | | | | Tät vegetation | ✓ |
| Smittämnen | ✓ | Djupa dammar | ✓ | Öppet vatten | ✓ |
| | | | | Öar | ✓ |
| | | | | Tät vegetation | ☐ |
| | | Översilningsytor | ✓ | Skötsel utanför häckningstid | ☐ |
| | | Grunda dammar | ✓ | Strandmiljö | ✓ |
| | | | | Blå bård | ☐ |
| | | | | Öppet vatten | ☐ |
| | | | | Öar | ✓ |
| | | | | Tät vegetation | ✓ |

*a) Fördjupande förklaring läses i bilaga A1, sektion A och B*

*b) Fördjupande förklaring läses i bilaga A1, sektion C och D*

Checklistan ovan (Tabell 6) är ifylld för de vattenkemiska parametrar som önskas kunna avskiljas i spillvattenvåtmark Stenhammar/Tallholmen. Därefter utvärderas vilka utformningsalternativ som har implementerats samt vilka anpassningar för fågellivet som har gjorts. I detta fall önskas samtliga parametrar (kväve, fosfor, BOD, mikroplaster, läkemedelsrester, smittämnen) avskiljas i den grad det är möjligt. Dock kommer inga konkreta utsläppskrav ställas på våtmarken.

# 5. DISKUSSION

## 5.1 CHECKLISTA FÖR FÅGEL- OCH SPILLVATTENVÅTMARK

Checklistan visar att det finns goda möjligheter att utforma och sköta en spillvattenvåtmark för att gynna fågellivet. Ett flertal av de utformningsalternativ som utnyttjas för att uppnå en god avskiljning av näringsämnen och mikroföroreningar är samtidigt också lämpliga miljöer för våtmarksfåglar. Därtill kan dessa miljöer förbättras ytterligare genom att skapa strandmiljöer med låg släntlutning, bygga öar och se till att våtmarken har ett varierande bottendjup. Särskilt viktigt för att skapa förutsättningar för en mångfald av våtmarksfåglar är att skötseln av vegetation i och omkring våtmarken upprätthålls. Dessa aspekter går därmed inte att bocka för i checklistan före spillvattenvåtmarken varit i bruk under en tid.

Tidigare studier om spillvattenvåtmarker och fåglar har tagit fasta på liknande slutsatser (Johansson 2013) samtidigt som forskning pekar på att då spillvattenvåtmarkers utformning oftast syftar till att endast uppnå god vattenrening uteblir anpassningar för biologisk mångfald (Zhang et al. 2020). I Sverige anpassas emellertid spillvattenvåtmarker generellt för att bidra till fler funktioner än enbart vattenrening. En anledning kan vara att spillvattenvåtmarker ofta har anlagts i mindre eller mellanstora kommuner utanför mindre tätorter och städer. Där har ofta tillräckliga ytor, och ofta intresse och vilja från våtmarkens ägare, funnits för att skapa fler värden än enbart rening.

Checklistan i denna studie kan vara ett stöd i detta arbete med att få spillvattenvåtmarker att fylla flera funktioner. Checklistan är en övergripande sammanställning i syfte att underlätta implementering av utformningar och skötselmetoder som främjar både god vattenrening och biologisk mångfald i form av fåglar.

En slutsats är att det i många avseenden inte finns några motsättningar mellan vattenrenande processer och anpassningar för fågellivet. Exempelvis innebär anläggningen av en ö i spillvattenvåtmarken att skrattmåsar och änder får en säker boplats samtidigt som den hydrauliska effektiviteten i våtmarken förbättras. Därtill bidrar ett område med tät vass till att vattenrallar och sothönor får en plats att födosöka på samtidigt som vassen filtrerar, renar och bromsar upp vattnet i grundare partier.

Checklistan utgår från behov av avskiljning av näringsämnen och mikroföroreningar. Den utgör ett lämpligt material för drifts- och processingenjörer på vattenreningsverk som ansvarar för vattenkvaliteten. Dessa personer kan med hjälp av listan se hur en spillvattenvåtmark kan utformas för att möta deras behov och dessutom hur de kan gynna fågellivet med relativt enkla medel. Fördjupningen av checklistan i Bilaga B1 förklarar och motiverar mer djupgående varför de olika utformningsförslagen ska implementeras. Varje läsare kan således välja att fördjupa sig inom de områden som är aktuella just för dem och deras våtmark.

Spillvattenvåtmarker är komplexa system och checklistan utgör endast ett urval av flertalet aspekter som bör tas hänsyn till innan anläggning. Checklistan har inte använts på en befintlig spillvattenvåtmark eller i ett verkligt anläggningsskede vilket

gör att det är svårt att säga huruvida föreslagna utformningsalternativ faktiskt bidrar till en ökad mångfald av våtmarksfåglar. Dessutom bygger ett flertal av anpassningarna för fågelliv på en kontinuerlig skötsel och är därför svåra att utvärdera innan våtmarken har varit i bruk under en tid.

Checklistan baseras på fakta från litteratur och inga uppmätta resultat eller observationer ligger till grund för slutsatserna som presenteras i denna rapport.

## 5.2 UTFORMNINGSFÖRSLAG

Det finns utrymme att göra anpassningar i en spillvattenvåtmark som i teorin gynnar fågellivet. Huruvida dessa anpassningar påverkar reningseffekten i spillvattenvåtmarken är svårare att svara på utifrån denna studie. Många anpassningar för fågellivet bidrar dock till förbättringar vad gäller hydraulisk effektivitet och filtrering av vatten genom växter, som är belagda att ha en positiv inverkan på reningseffekten. Utan att utföra provtagningar i det specifika fallet (exempelvis Flen) går det dock inte att fastställa den platsspecifika utformningens påverkan på rening.

Spillvattenvåtmarken Stenhammar/Tallholmen anses kunna fungera väl vid scenario 1. Det inkommande flödet till våtmarken resulterar i en acceptabel hydraulisk belastning (100 mm/h, se Tabell 4) och en godtagbar uppehållstid sett över hela våtmarkssystemet, knappt 5 dygn, i jämförelse med andra mindre spillvattenvåtmarker.

Scenario 2 baseras på ett högre flöde och redovisar därmed en högre hydraulisk belastning (140 mm/h) och en kortare uppehållstid (3,6 dygn) än scenario 1. Resultatet av ett högre flöde blir troligen en något minskad reningseffekt då avskiljningen av näringsämnen och mikroföroreningar, som bygger på nedbrytande och sedimenterande processer, får kortare tid på sig att verka. Minskningen för scenario 2 bedöms dock bli marginell jämfört med scenario 1. Däremot anses utformningsförslaget kunna hantera de flöden som följer av scenario 2 och både den hydrauliska belastningen och uppehållstiden ligger inom jämförbara intervall med andra mindre spillvattenvåtmarker i Sverige (Flyckt 2010).

Scenario 3 medför en hydraulisk belastning och uppehållstid som ligger utanför den dimensionering som finns i svenska spillvattenvåtmarker av liknande storlek (Flyckt 2010). Det kan därför finnas risk för erosion och en viss försämrad reningsförmåga.

Den anläggningsdel som troligen är mest sårbar i scenario 3 är översilningsytorna som vid för hög belastning kan utveckla erosionsskador med efterföljande kanalisering av vattenflödet. Detta skulle påverka reningseffekten negativt, framför allt av kväve, och medför även ökat underhåll av den, i övrigt, lättskötta spillvattenvåtmarken. Om ett flöde motsvarande scenario 3 eller liknande skulle ledas till våtmarken kan fördelningspumpen vid inloppet förses med en reglerfunktion som begränsar flödet till översilningsytorna. Överskottsvattnet skulle då kunna ledas direkt in i våtmarken, något som även kommer behöva göras vintertid då översilningsytor inte används vid tjäle eller risk för isbildning på ytan.

Bedömningen är att översilningsytorna i scenario 1 och 2 belastas med en hanterbar mängd och med rätt underhåll och skötsel kommer ytorna att kunna vara i drift en

längre tid. Vid en hydraulisk belastning motsvarande scenario 3 behöver troligen översilningsytorna och dess reglering justeras för att vara hållbara på längre sikt.

Utformningsförslaget är baserat på beräkningar där vissa variabler har baserats på antaganden. Tillräckliga data för exempelvis porositet, medelvattendjup och aktiv area har inte kunnat mätas vilket medför viss osäkerhet i underlaget. Trots antaganden bedöms beräkningarna utgöra lämpliga underlag för utformningsförslaget, förbehållet att det finns viss felmarginal.

I detta utformningsförslag var en stor begränsande faktor den yta som fanns tillgänglig för en spillvattenvåtmark. Ytorna begränsades både av topografin och av markinnehav. Kommunen önskar av förklarliga skäl anlägga våtmarken på kommunal mark där de har rådighet. I detta fall har privat mark tillkommit då kommunen fått ett positivt förhandsbesked från markägaren till att använda marken för en våtmark. En större yta är dock att föredra, framför allt med hänsyn till scenario 3. Detta hade medfört en lägre hydraulisk belastning och längre uppehållstider vilket hade gynnat vattenrenande processer. Större yta hade även medfört mer plats för anpassningar till fågellivet. Möjligheter till att skapa en större variation av habitat som exempelvis fler öar eller flikigare stränder och på det sättet locka fler individer och arter av våtmarksfåglar till området.

### 5.4 FRAMTIDA STUDIER

Förslag på frågeställningar för framtida studier som anses kunna bidra till att skapa en större förståelse för möjligheterna och riskerna att kombinera spillvattenvåtmarker med fågelliv redovisas nedan.

- Hur och var avskiljs läkemedelsrester och mikroplaster i spillvattenvåtmarker? Vilka är de huvudsakliga avskiljningsmekanismerna?
- Påverkar de halter av ämnen som kan förekomma i en spillvattenvåtmark de djur och organismer som uppehåller sig i våtmarksmiljön negativt?
- Påverkas artsammansättningen av våtmarksfåglar kring en spillvattenvåtmark av att våtmarken anpassas för fågelliv?

# 6. SLUTSATS

Syftet med denna studie var att kartlägga hur spillvattenvåtmarker kan utformas för att gynna våtmarksfåglar utan att våtmarkens reningsförmåga försämras. Genom en sammanställning av litteratur om spillvattenvåtmarker, fågelvåtmarker och fågelliv kunde en checklista för kombinerade spill- och fågelvåtmarker tas fram. Därefter användes ett utformningsförslag av en spillvattenvåtmark i Flens kommun som fallstudie för checklistan.

Resultatet visar att det finns stora möjligheter att skapa fågelrika spillvattenvåtmarker med rätt förutsättningar och skötselplaner. I många fall finns faktorer som samspelar och ger både bättre rening och bättre förutsättningar för fågelliv. Denna studie svarar dock inte på hur reningseffekten påverkas av att våtmarkens utformning anpassas för fåglar i det platsspecifika fallet. Mycket talar för att reningseffekten inte påverkas nämnvärt.

En individ- och artrik fågelvåtmark kräver kontinuerlig skötsel av biotoper som strandängar, öar och öppet vatten. Det är därmed viktigt att det finns en skötselplan samt lämplig utrustning för att bibehålla funktionerna i sin våtmark. Checklistan kan användas som en praktisk guide för utformning av nya våtmarker eller för skötsel och modifiering av befintliga. Utformningsförslaget i Flens kommun visar ett exempel på hur framtida spillvattenvåtmarker kan kombineras med bra förutsättningar för fågelliv.

# REFERENSER


Alexandersson, H., Ekstam, U. & Forshed, N. (1986). *Stränder vid fågelsjöar: Om fuktängar, mader och vassar i odlingslandskapet*. Statens Naturvårdsverk, LTs förlag. (Skötsel av naturtyper)

Andersson, J. & Kallner, S. (2002). *De fyra stora - en jämförelse av reningsverk i svenska våtmarker för avloppsvattenrening*. (VA-Forsk, 6). Svenskt Vatten AB. http://vav.griffel.net/filer/VA-Forsk2002-6.pdf.pdf [2022-02-02]

Andersson, J.L., Wittgren, H.B., Kallner, S., Ridderstolpe, P. & Hägermark, I. (2000). Wetland Oxelösund, Sweden - the first five years of operation. 19

Bachand, P. & Horne, A. (2000). Denitrification in constructed free-water surface wetlands: II. Effects of vegetation and temperature. *Ecological Engineering*, 14, 17–32

Berglund, B., Khan, G.A., Weisner, S.E.B., Ehde, P.M., Fick, J. & Lindgren, P.-E. (2014). Efficient removal of antibiotics in surface-flow constructed wetlands, with no observed impact on antibiotic resistance genes. *Science of The Total Environment*, 476–477, 29–37.

Chen, X., Xiong, X., Jiang, X., Shi, H. & Wu, C. (2019). Sinking of floating plastic debris caused by biofilm development in a freshwater lake. *Chemosphere*, 222, 856–864.

Chen, Y., Li, T., Hu, H., Ao, H., Xiong, X., Shi, H. & Wu, C. (2021). Transport and fate of microplastics in constructed wetlands: A microcosm study. *Journal of Hazardous Materials*, 415, 125615.

Dale, P.E.R. & Knight, J.M. (2008). Wetlands and mosquitoes: a review. *Wetlands Ecology and Management*, 16 (4), 255–276. https://doi.org/10.1007/s11273-008-9098-2

Davis, L. (1995). *A Handbook of Constructed Wetlands. Volume 1: General considerations*. U.S. Government Printing Office. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/constructed-wetlands-handbook.pdf

Dotro, G., Langergraber, G., Molle, P., Nivala, J., Puigagut, J., Stein, O. & von Sperling, M. (2017). *Treatment Wetlands*. IWA Publishing.

Edelstam, C. & Pehrsson, I. (2002). *Naturbetesmarker - Biologisk mångfald och variation i odlingslandskapet*. Jordbruksverket. https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/naturbetesmarker.html [2022-02-21]

Flyckt, L. (2010). *Reningsresultat, drifterfarenheter och kostnadseffektivitet i svenska våtmarker för spillvattenrening*. (LITH-IFM-A-EX--10/2377—SE). Linköping: Institutionen för fysik, kemi och biologi, Linköping universitet. https://www.wrs.se/wp-content/uploads/2014/03/Exjobb_LindaFlyckt110126_svenska-vatmarker-for-spillvattenrening.pdf

Folkhälsomyndigheten (2013). *Information om myggöverförda sjukdomar — Folkhälsomyndigheten*. https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/myggoverforda-sjukdomar/ [2022-02-14]

Folkhälsomyndigheten (2017). *Sjukdomsinformation om harpest — Folkhälsomyndigheten*. https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/harpest/ [2022-02-17]

Fonder, N. & Headley, T. (2010). Systematic nomenclature and reporting for treatment wetlands. *Water and Nutrient Management in Natural and Constructed Wetlands*, 191–220

Green, A.J. & Elmberg, J. (2014). Ecosystem services provided by waterbirds. *Biological Reviews*, 89 (1), 105–122.

Gunnarsson, U. & Löfroth, M. (2009). *Våtmarksinventeringen: resultat från 25 års inventeringar ; nationell slutrapport för våtmarksinventeringen (VMI) i Sverige*. (5925). Stockholm: Naturvårdsverket. https://www.naturvardsverket.se/globalassets/media/publikationer-pdf/5900/978-91-620-5925-5.pdf [2022-02-21]

H. Kadlec, R. & L. Knight, R. (1996). *Treatment Wetlands*. 1. uppl. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers, CRC Press.

Hu, X., Xie, H., Zhuang, L., Zhang, J., Hu, Z., Liang, S. & Feng, K. (2021). A review on the role of plant in pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) removal in constructed wetlands. *Science of The Total Environment*, 780, 146637.

Hässleholms Vatten (u.å.). *Biologisk rening – Hässleholms Vatten*. https://hassleholmsvatten.se/reningsverk-renar-spillvatten/reningsprocessens-olika-delar/biologisk-rening/ [2022-02-10]

Jadhav, R.S. & Buchberger, S.G. (1995). Effects of vegetation on flow through free water surface wetlands. *Ecological Engineering*, 5 (4), 481–496.

Johansson, C. (2013). *Spillvattenvåtmarkernas betydelse för fågelfaunan*. Birdlife Sverige. https://cdn.birdlife.se/wp-content/uploads/2018/12/Rikare-v%C3%A5tmark-rapport-SOF-1.pdf

Jun, C., Liu, Y.-S., Su, H.-C., Ying, G.-G., Liu, F., Shuang-Shuang, L., He, L., Chen, Z.-F., Yang, Y. & Chen, F. (2014). Removal of antibiotics and antibiotic resistance genes in rural wastewater by an integrated constructed wetland. *Environmental science and pollution research international*, 22.

Jönsson, R. (2016). *Mikroplast i dagvatten och spillvatten : Avskiljning i dagvattendammar och anlagda våtmarker*. (UPTEC W, ISSN 1401-5765 ; 16030). Uppsala. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-308455 [2022-03-04]

Kačergytė, I., Arlt, D., Berg, Å., Żmihorski, M., Knape, J., Rosin, Z.M. & Pärt, T. (2021). Evaluating created wetlands for bird diversity and reproductive success. *Biological Conservation*, 257, 109084.

Kadlec, R.H. & Wallace, S.D. (2009). *Treatment Wetlands*. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press.

Larm, T. & Blecken, G. (2019). *Utformning och dimensionering av anläggningar för rening och flödesutjämning av dagvatten*. (Svenskt Vatten Utveckling, 2019–20). Svenskt Vatten AB. https://www.svensktvatten.se/contentassets/c8abaf832f154888aa018c23752bf5a9/svu-920.pdf

Lehikoinen, P., Lehikoinen, A., Mikkola-Roos, M. & Jaatinen, K. (2017). Counteracting wetland overgrowth increases breeding and staging bird abundances. *Scientific Reports*, 7 (1), 41391.

Lennartsson, T. & Westin, A. (2019). *Ängar och slåtter; Historia, ekologi, natur- och kulturmiljövård.* Stockholm. http://raa.diva-portal.org/smash/get/diva2:1331194/FULLTEXT01.pdf

Livsmedelsverket (2022). *Mikrobiologisk förorening*. https://www.livsmedelsverket.se/foretagande-regler-kontroll/regler-for-livsmedelsforetag/dricksvattenproduktion/kaskad-handbok-for-klimatanpassning_dricksvattenproduktion/konsekvenser_av_ett_forandrat_klimat/mikrobiologisk-fororening [2022-02-15]

Meuleman, A.F.M., Beekman, J. (Hans) Ph. & Verhoeven, J.T.A. (2002). Nutrient retention and nutrient-use efficiency in Phragmites australis stands after wasterwater application. *Wetlands*, 22 (4), 712–721.

Mitsch, W.J. & Gosselink, J.G. (2015). *Wetlands (5th Edition) by William J. Mitsch, James G. Gosselink*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. http://archive.org/details/Wetlands_5th_Edition_by_William_J._Mitsch_James_G._Gosselink [2022-02-11]

Naturvårdsverket (2018). *Rening av avloppsvatten i Sverige*. https://www.havochvatten.se/avlopp-och-dricksvatten/sma-avloppsanlaggningar/rapporter-om-sma-avlopp/rapporter-och-dokument/rapporter/rening-av-avloppsvatten-i-sverige-.html [2022-02-02]

Naturvårdsverket (2021a). *Ingen övergödning - Sveriges miljömål*. https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/ [2022-02-01]

Naturvårdsverket (2021b). *Myllrande våtmarker - Sveriges miljömål*. https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/myllrande-vatmarker/ [2022-02-01]

Ottoson, J. (2005). *Comparative analysis of pathogen occurrence in wastewater : management strategies for barrier function and microbial control*. (ISBN 91-7178-059-9). Stockholm: Department of Land and Water Resources Engineering Royal Institute of Technology (KTH). https://www.researchgate.net/publication/279672696_Comparative_analysis_of_pathogen_occurrence_in_wastewater_management_strategies_for_barrier_function_and_microbial_control [2022-02-15]

Padoa-Schioppa, E., Baietto, M., Massa, R. & Bottoni, L. (2006). Bird communities as bioindicators: The focal species concept in agricultural landscapes. *Ecological Indicators*, 6 (1), 83–93.

Persson, J., Somes, N. & Wong, T. (1999). Hydraulics Efficiency of Constructed Wetlands and Ponds. *Water Science & Technology*, 40, 291–300.

QGIS Development Team (2022). *QGIS Geographic Information System*. Version: 3.24.1. Open Source Geospatial Foundation Project. http://qgis.osgeo.org

Randefelt, J. (2019). *Spillvattenvåtmarkers reningseffekt på aktiva läkemedelssubstanser*. (UPTEC W, ISSN 1401-5765 ; 19 044). Uppsala: Institutioner för geovetenskaper. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-395739 [2022-05-25]

Riksdagsförvaltningen (1987). *om miljöpolitiken inför 1990-talet Proposition 1987/88:85 - Riksdagen*. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/proposition/om-miljopolitiken-infor-1990-talet_GB0385 [2022-02-04]

SLU & Naturvårdsverket (2020). *Rödlistade arter i Sverige 2020*. SLU Artdatabanken, Naturvårdsverket. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hig:diva-37182 [2022-01-26]

Stenström, T. & Carlander, A. (2001). Occurrence and die-off of indicator organisms in the sediment in two constructed wetlands. *Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research*, 44, 223–30.

Strand, J. (2008). *Fågelvåtmarker och våtmarksfåglar - anlagda våtmarker i jordbrukslandskapet*. Hushållningssällskapet, Halland. Bulls Graphics, Halmstad 2008.

Svenskt Vatten (2016). *Avloppsfakta*. *Svenskt Vatten*. https://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/avloppsfakta/ [2022-02-04]

Svenskt Vattenarkiv (1995). *Sänkta och torrlagda sjöar. | SMHI*. (Hydrologi 62, 62). SMHI. https://www.smhi.se/publikationer/sankta-och-torrlagda-sjoar-1.2550 [2022-02-01]

Svensson, R. & Glimskär, A. (1994). Småvatten och våtmarker i odlingslandskapet. https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/smavatten-och-vatmarker-i-odlingslandskapet.html [2022-02-25]

Thorsbrink, M., Sohlenius, G., Becher, M., Bastviken, P., Nyström, L.N. & Eveborn, D. (2019). Geologins betydelse vid våtmarksåtgärder – Sätt att stärka tillgången på grundvatten. *Sveriges Geologiska Undersökning*, SGU-rapport 2019:15, 33

Tonderski, K., Weisner, S.E.B., Landin, J. & Oscarsson, H. (2002). *Våtmarksboken : Skapande och nyttjande av värdefulla våtmarker*. Rapport 3. Göteborg: Vattenstrategiska forskningsprogrammet (VASTRA). http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hh:diva-384 [2022-02-08]

VISS (2021). *VISS-Vatteninformationssystem Sverige*. http://viss.lansstyrelsen.se [2022-04-05]

Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of The Total Environment*, 380 (1), 48–65. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.09.014

Vymazal, J. (2010). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. *Water*, 2. https://doi.org/10.3390/w2030530

Wirdheim, A. & Green, M. (2022). *Sveriges fåglar 2021*. BirdLife Sverige - Sveriges Ornitologiska förening, Svensk fågeltaxering. https://www.fageltaxering.lu.se/sites/default/files/files/Rapporter/sveriges_faglar_2021.pdf

Wu, S., Carvalho, P.N., Müller, J.A., Manoj, V.R. & Dong, R. (2016). Sanitation in constructed wetlands: A review on the removal of human pathogens and fecal indicators. *Science of The Total Environment*, 541, 8–22.

Zhang, C., Wen, L., Wang, Y., Liu, C., Zhou, Y. & Lei, G. (2020). Can Constructed Wetlands be Wildlife Refuges? A Review of Their Potential Biodiversity Conservation Value. *Sustainability*, 12 (4), 1442.

Zirschky, J., Crawford, D., Norton, L., Richards, S. & Deemer, D. (1989). Ammonia Removal Using Overland Flow. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 61 (7), 1225–1232

Żmihorski, M., Pärt, T., Gustafson, T. & Berg, Å. (2016). Effects of water level and grassland management on alpha and beta diversity of birds in restored wetlands. *Journal of Applied Ecology*, 53 (2), 587–595.

# BILAGA

## B1. CHECKLISTA FÖRDJUPAD

***Tabell A1.*** *Komplement till checklistan för fågel- och spillvattenvåtmarker redovisad i Tabell 5.*

| A. | Utformningsalternativ | Avskiljer/Reducerar | Förklaring |
|---|---|---|---|
| | Översilningsytor | Ammonium<br>$BOD_7$<br>Mikroplaster<br>Smittämnen. | Syresätter, filtrerar, adsorberar joner i markmiljön samt utgör plats för nedbrytande bakterier / biofilm. Växelvis beskickning av översilningsytor leder till att joner kan adsorbera till markpartiklar och sedan oxideras under tiden marken torkar upp. |
| | Grunda dammar | Ammonium $BOD_7$<br>Mikroplaster,<br>Läkemedelsrester<br>Smittämnen | Lägre vattendjup ger högre temperatur och mer växtlighet vilket gynnar nedbrytande bakterier samt bromsar upp och filtrerar vattnet.<br>Effektiva för avskiljning av |
| | Djupa dammar | Nitrat<br>Fosfor<br>Mikroplaster<br>Smittämnen | Större vattendjup medför lägre vattenhastighet och mindre omrörning av bottensedimentet vilket främjar sedimentation och syrefattiga förhållanden. |
| | Slingrighet | Samtliga näringsämnen och mikroföroreningar | En lång väg för vattnet bidrar till mer tid för nedbrytande processer samt ökar dammens hydrauliska effektivitet. Slingrighet skapas med hjälp av öar, varierande bottendjup och meandrande vattendrag. |
| | Vindskydd | Resuspension av sedimenterade partiklar | Lokalisering eller utformning som skyddar vattenytan från stark vind som kan skapa vågbildning med efterföljande omrörning av bottensediment eller erosionsskador i strandkanten. |

| B. | Generella hänsynstaganden för vattenrening | |
|---|---|---|
| | Hydraulisk belastning | En hög hydraulisk belastning medför risk för erosion och försämrad reningseffekt. Belastningen i studerade spillvattenvåtmarker i Sverige ligger mellan 20 – 160 mm/d. Olika strukturer i en spillvattenvåtmark påverkas olika av en hög belastning vilket gör att en hög belastning i ett fall kan vara låg i ett annat. |
| | Uppehållstid | Uppehållstiden för studerade spillvattenvåtmarker i Sverige ligger mellan 4–14 dygn. Våtmarkerna uppnår god avskiljning av näringsämnen men är samtliga unikt utformade och belastas med olika typer av spillvatten. Generellt följer sambandet att mindre spillvattenvåtmarker med lägre flödesbelastning har kortare uppehållstid. |
| | Hydraulisk effektivitet | En spridning av vattnet som gör att flödet av spillvatten sker över hela våtmarksvolymen medför längre kontakttid för nedbrytande processer och att hela våtmarken bidrar till avskiljning av näringsämnen. Den hydrauliska effektiviteten kan förbättras genom att anlägga flera inlopp, bygga strukturer i vattnet som sprider flödet samt skapa trösklar eller djuphålor som breddar flödet. Värt att notera är att tät vegetation kan skapa kanaler eller dödzoner som försämrar effektiviteten. Tillsyn och skötsel är därför viktigt för att upprätthålla god hydraulisk effektivitet. |
| | Smittorisk | Risken för allvarlig sjukdom reduceras kraftigt i vattenreningsverkens reningsprocesser men en del virus och bakterier följer med ut i spillvattenvåtmarker. Därför bör information kring vilken typ av vatten våtmarken innehåller tydliggöras för besökare. Dessutom kan subtila men effektiva avskärmningar skapas för att undvika att människor kommer i kontakt med spillvattnet och då bör inloppet och de inledande delarna prioriteras. Halterna av virus och bakterier är som högst i inkommande vatten och reduceras därefter av en rad nedbrytande processer i våtmarken. |
| | Skötsel | Utformningen av en spillvattenvåtmark bör underlätta skötsel av viktiga delar. Inlopp, utlopp och andra tekniska komponenter bör vara lättillgängliga för tillsyn och skötsel. I de fall där muddring av sediment är aktuellt bör åtkomsten för exempelvis grävare prioriteras. Därtill bör växtlighet skötas för att undvika en försämrad hydraulisk effektivitet och slänter bör ha en låg lutning för att undvika erosion och underlätta slåtter. |

| C. | Anpassning för fågelliv | Gynnar | Förklaring |
|---|---|---|---|
| | Strandmiljö | Strandskata<br>Tofsvipa<br>Större strandpipare<br>Storspov<br>Brushane<br>Kärrsnäppa<br>Enkelbeckasin<br>Drillsnäppa<br>Rödbena | En strandmiljö med låg sluttning och välklippt strandvegetation gynnar i första hand vadare. Denna miljö skapar rast- och häckningsplatser för många rödlistade vadarfåglar och upprätthållandet av strandängar är viktigt i dagens landskap där många stränder växer igen. Strandängar kräver upprepad skötsel i form av slåtter för att behålla sina kvaliteter för fågellivet. Genom att låta strandängen översvämmas någon gång per år förbättras förutsättningarna för ett rikt fågelliv ytterligare. Dock bör översvämning under häckningsperioden undvikas. |
| | Blå bård | Gravand<br>Årta<br>Skedand<br>Snatterand<br>Bläsand<br>Gräsand<br>Stjärtand<br>Kricka<br>Brunand | Det område av öppet, grunt vatten som bildas mellan strandängen och bladvassen till följd av bete eller slåtter kallas för en ”blå bård”. Denna miljö gynnar många hotade simänder som bland annat årta, skedand och kricka. Miljön skapas enklast med betesdjur (exempelvis nötkreatur) som betar ut i vattenbrynet men kan efterliknas med slåttermaskiner. Genom att kunna sänka vattennivån i sin våtmark kan vegetationen angripas från land där det annars krävs vattentåliga verktyg för arbetet. |
| | Öppet vatten | Kanadagås<br>Grågås<br>Knölsvan<br>Sångsvan<br>Knipa<br>Smådopping<br>Gråhakedopping<br>Svarthakedopping<br>Vigg<br>Knipa | Djupare partier i en våtmark brukar vara de mest lämpade för att skapa ett öppet vatten utan tät växtlighet med exempelvis vass eller näckrosor. På öppet vatten trivs smådopping, kanadagås, sothöna och knipa med flera. Öppet vatten brukar hållas öppet naturligt tack vare att vattendjupet gör det svårt för bottenförankrade växter som vass och kaveldun att etablera sig. Skulle växtlighet ta över en djupel krävs att växligheten klipps ute i våtmarken. |
| | Öar | Skrattmås<br>Fiskmås<br>Årta<br>Skedand<br>Snatterand<br>Stjärtand<br>Kricka | Fåglar trivs på öar eftersom dessa är skyddade från landlevande predatorer som exempelvis räv och katt. Utformas dessutom ön med låg sluttning och sköts med kontinuerlig slåtter är chansen att våtmarksfåglarna dyker upp mycket högre. Översvämning av öar är positivt så länge den inte sker under häckningsperioden. |
| | Tät vegetation | Rördrom<br>Vattenrall<br>Kornknarr<br>Rörhöna<br>Sothöna | Ett tätt vass- och kaveldunsområde används av lite skyggare fågelarter för att söka skydd och bygga bo i. Miljön skapar ofta sig själv i en spillvattenvåtmark med näringsrikt vatten. Det område som tillåts växa igen bör inte utgöra något hinder för brunnar eller övrig drift av anläggningen. |

| D. | Generella hänsynstaganden för fågelliv | |
|---|---|---|
| | Skötsel utanför häckningstid | Fåglar häckar i regel mellan april och början på augusti och därför bör skötselåtgärder som innebär någon form av störning för fåglarna utföras utanför denna period. |
| | Slåtter (bete) | En viktig insats för vadare, änder och gäss är att skapa en kortklippt strandmiljö någonstans kring våtmarkens strandlinje. Ett effektivt sätt är att använda maskinell slåtterbalk med tillhörande uppsamlare av växtmaterialet. Finns möjligheten är bete med nöt eller får mest effektivt och medför ofta lägre kostnad. |
| | Nivåreglering av vattenytan | En varierande vattennivå som efterliknar våtmarkers naturliga fluktuationer stör tillväxten av konkurrenskraftig vegetation och skapar värdefulla strandmiljöer för bland annat vadare. |
| | Fisk eller fågel | Fåglar och fiskar konkurrerar ofta om samma typ av föda i våtmarker. Fiskar bör därför försöka hållas ute från spillvattenvåtmarker om syftet är att gynna fågelliv. En tät utsläppsbrunn minskar risken för att fiskar vandrar in i våtmarken. Att regelbundet tömma våtmarken eller låta den bottenfrysa (exempelvis grunda våtmarker och våtmarker längre norrut) är ett effektivt sätt att bli av med oönskad fisk. |
| | Träd och skog i närheten | Predatorer i form av kråkor eller rovfåglar använder gärna höga utkiksplatser som träd för att leta efter byten. Ensamma träd eller skog tätt intill en våtmark kan därmed göra att våtmarksfåglarna känner sig otrygga i eller kring vattnet. Om möjlighet finns att ta bort enstaka träd eller buskar på en strandäng eller en ö bör detta övervägas för våtmarkens fåglars skull. Detta är dock ett övervägande och större partier skog blir sällan avverkade för detta syfte. |