



Kvalitetskriterier för våtmarker i odlings- landskapet

– kriterier för rening av växtnäring
med beaktande av biologisk
mångfald och kulturmiljö

Kvalitetskriterier för våtmarker i odlingslandskapet

– kriterier för rening av växtnäring med beaktande av biologisk mångfald och kulturmiljö

Referens:
Nils Lagerkvist, Miljö- och regionalstödsenheten

Innehåll

1	Sammanfattning	5
2	Inledning	7
2.1	Uppdraget	7
2.2	Disposition och läsanvisning.....	8
2.3	Avgränsning	8
2.4	Utredningens organisation och hur arbetet utförts	9
2.5	Arealmål och miljökvalitetsmål	9
2.6	Viktiga begrepp och definitioner.....	10
2.6.1	Kvalitetskriterier.....	10
2.6.2	Våtmark	11
2.6.3	Anläggning och restaurering	11
2.6.4	Avrinningsområde och tillrinningsområde.....	11
2.6.5	Utlakning och läckage av näringsämnen.....	11
2.6.6	Belastning av näringsämnen.....	12
2.6.7	Retention och avskiljning.....	12
2.6.8	Habitatheterogenitet	12
2.6.9	Kostnadseffektivitet	12
3	Processer för näringsretention i våtmarker.....	15
3.1	Tre processer för retention av kväve och fosfor.....	15
3.2	Processernas betydelse för retentionen	15
3.2.1	Denitrifikation	16
3.2.2	Näringsupptag av växter.....	17
3.2.3	Sedimentation.....	19
4	Placering av våtmarker för näringsretention.....	25
4.1	Sammanfattning och förslag.....	25
4.2	Vilka vattenområden som våtmarker ska bidra till att skydda	26
4.2.1	Kust och hav	26
4.2.2	Sjöar	27
4.3	Makronivån – våtmarkernas placering i Sverige.....	28
4.3.1	Gemensamt prioriteringsområde för kväve och fosfor	28
4.3.2	Vad är viktigt för prioritering av områden?	31
4.3.3	Material som har använts för prioriteringen av områden	31
4.3.4	Utredningens förslag på prioriterat område	34
4.3.5	Motivering till utredningens förslag.....	35

4.4	Mikronivån – våtmarkernas placering i landskapet	37
4.4.1	Näringsbelastning, hydraulisk belastning och uppehållstid	37
4.4.2	Avstånd till recipienten	39
4.5	Kostnader	40
4.5.1	Betydelsen av topografi och markförhållanden	40
4.5.2	Alternativvärde	41
5	Utformning och skötsel av våtmarker för näringsretention	43
5.1	Sammanfattning och förslag	43
5.2	Inledning	45
5.3	Utformning av våtmarker för näringsretention	45
5.3.1	Storlek och uppehållstid	45
5.3.2	Djupförhållanden och vegetationsstruktur	46
5.3.3	Etablering av vattenväxter	47
5.3.4	Utformning för att undvika kanalisering och zoner med stillastående vatten..	47
5.3.5	Sidodammar	47
5.3.6	Vindskydd och solbelysning	48
5.3.7	Material i botten och kanter	48
5.3.8	Bortförsel av matjord	48
5.3.9	Släntlutning	48
5.3.10	Tillgänglighet för skötsel	49
5.3.11	Möjlighet till vattennivåreglering och tömning	49
5.4	Skötsel av våtmarker för näringsretention	49
5.4.1	Inledning	49
5.4.2	Skötsel för förbättrad hydraulisk effektivitet och omsättningstid	49
5.4.3	Slåtter	50
5.4.4	Bete	50
5.4.5	Vattenståndsvariationer	50
5.4.6	Utgrävning av sediment	51
6	Samverkan och konflikter mellan olika syften	53
6.1	Sammanfattning	53
6.2	Inledning	53
6.3	Synergieffekter och intressekonflikter	54
6.3.1	Placering	56
6.3.2	Utformning	57
6.3.3	Skötsel	58
6.3.4	Olika kriterier för retention av kväve och fosfor	59

6.3.5	Kulturmiljöhänsyn.....	60
7	Biologisk mångfald.....	63
7.1	Sammanfattning och förslag.....	63
7.2	Inledning.....	65
7.3	Våtmarkernas syfte.....	65
7.3.1	Variation av våtmarkstyper	65
7.3.2	Hotade arter som är beroende av odlingslandskapets våtmarker	65
7.4	Placering av våtmarker för biologisk mångfald	71
7.4.1	Makronivån – var i landet som behovet av våtmarker är störst	71
7.4.2	Förutsättningar för biologisk mångfald.....	71
7.5	Utformning av våtmarker för biologisk mångfald	75
7.5.1	Variation i miljön gynnar biologisk mångfald	75
7.5.2	Storlek och djupförhållanden	75
7.5.3	Släntlutning	75
7.5.4	Flikighet	76
7.5.5	Öar	76
7.5.6	Träd, buskar och variation i solexponering.....	76
7.5.7	Fisk och kräfter	77
7.5.8	Våtmarkens närområde	77
7.5.9	Brukningsfria kantzoner	77
7.6	Skötsel av våtmarker för biologisk mångfald	78
7.6.1	Syftet med skötseln	78
7.6.2	Slåtter	79
7.6.3	Bete.....	81
7.6.4	Kombination av bete och slåtter	83
7.6.5	Vattenståndsfluktuationer.....	83
7.6.6	Bränning	84
7.6.7	Isskjuvning	84
7.6.8	Tömning	84
8	Kulturmiljöhänsyn.....	85
8.1	Sammanfattning och förslag.....	85
8.2	Inledning.....	86
8.2.1	Våtmarken – en viktig naturresurs	87
8.2.2	1800-talet – Torrläggning av våtmarker och uppodling.....	87
8.3	Kriterier för kulturmiljöhänsyn	88
8.3.1	Markanvändningshistorik.....	88

8.3.2	Landskapsbild och anläggning av våtmarker	89
8.3.3	Tillvaratagande av kulturmiljövårdens intressen	89
8.4	Kunskapskällor	91
9	Definition av begreppet våtmark	93
10	Referenser	97

1 Sammanfattning

I denna rapport beskrivs kvalitetskriterier för våtmarker i odlingslandskapet. Kvalitetskriterierna beskriver var våtmarker ska placeras samt hur de bör utformas och skötas för att ge en effektiv rening av växtnäring. Kriterierna för placering omfattar både våtmarkernas lokalisering i landskapet och utpekande av områden i Sverige där våtmarker bedöms ha störst effekt framför allt för att minska näringstillförseln till havet. Rapporten innehåller även kriterier för hur den biologiska mångfalden kan gynnas i våtmarkerna och för kulturmiljöhänsyn.

Den viktigaste förutsättningen för en effektiv rening av växtnäring i våtmarker är att *belastningen* och *koncentrationen* av kväve eller fosfor är hög. För att säkerställa en stor nytta för miljön behöver man dessutom alltid beakta *vattnets uppehållstid* i våtmarken och *avståndet* till det vatten som ska skyddas.

En våtmarks näringsbelastning kan bedömas utifrån *tillrinningsområdets storlek* samt kriterier för *andel åkermark*, *grödor*, *djurhållning* och *jordart* i våtmarkens tillrinningsområde. Vid val av placering ges högst prioritet till våtmarkslägen med minst 50 hektars tillrinningsområde och minst 70 % åkermark inom tillrinningsområdet. För att våtmarken ska göra så stor nytta som möjligt ska den dessutom placeras nära det vatten som ska skyddas.

Vilken uppehållstid som ska eftersträvas varierar mellan olika våtmarker. För att komma fram till en uppehållstid som är mest kostnadseffektiv i det enskilda fallet behöver många aspekter vägas in såsom förväntad reningseffekt per hektar våtmark, flödesvariationer, risk för utsköljning, kostnad för att göra våtmarken större, etc.

Våtmarkerna bör vara grunda och vegetationstäckta. Reningsförmågan ökar om det inkommande vattnet fördelas över hela våtmarksytan. Kanalisering, pga. täta bestånd av vass och andra klonbildande växter, och zoner med stillastående vatten är negativt för våtmarkens reningsförmåga. Skötseln bör i första hand vara inriktad på att förhindra sådana effekter. Vattnståndsfuktuationer i kombination med bete eller slåtter är ett effektivt sätt att bekämpa klonbildande växter och är samtidigt mycket betydelsefullt för den biologiska mångfalden. Viktigt är att våtmarken utformas med tanke på framtida skötsel.

För många våtmarker i odlingslandskapet är det osäkert om de överhuvudtaget har en renande effekt avseende fosfor. Om syftet med våtmarken är att avskilja fosfor är det därför viktigt att beakta de kriterier som speciellt avser sedimentation och rening av fosfor. Grundförutsättningarna för rening av fosfor är att inkommande vatten ska innehålla stora mängder partiklar och jordaggregat och att vattnet bromsas upp tillräckligt så att det sedimenterbara materialet sjunker till botten. Sedimentationen av partikulärt bunden fosfor gynnas, liksom kvävereningen, i grunda, vegetationstäckta våtmarker som tillåts att expandera vid höglöde, exempelvis över flacka kanter. För att få en bestående rening av fosfor kan det vara nödvändigt med regelbunden utgrävning av sediment. Viktigt för fosforreningen är även att stillastående vatten undviks och att en djuphåla placeras innanför inloppet.

Våtmarkers värde för biologisk mångfald kan ökas, med bibehållen hög reningseffekt, genom att öka variationen av livsmiljöer (habitatheterogeniteten) samt genom att innefatta omgivande mark i planering och skötsel. De biologiska värdena kan dessutom stärkas betydligt med skötsel av våtmarken. Aktiv skötsel är även en förutsättning för god kulturmiljövård.

Hänsyn till kulturmiljön kan tas genom att alltid eftersträva ett utseende på våtmarken som passar landskapsbilden. Samråd med länsstyrelsens kulturmiljöfunktion fyller därför en viktig funktion. Stor hänsyn behöver tas till kulturmiljön i kulturhistoriskt värdefulla områden. Våtmarker som inte kan uppfylla alla kriterier för kulturmiljöhänsyn lämpar sig bäst i områden som genomgått stora förändringar i samband med jordbrukets rationaliseringar under modern tid.

En våtmark innebär i många fall ett ökat värde för såväl rening av växtnäring, biologisk mångfald och kulturmiljön. Faktorer som våtmarkens flikighet, bortförsel av matjorden, slåttetidpunkt och intensiv betesdrift kan dock utgöra motsättningar mellan reningssyftet och gynnad biologisk mångfald. Motsättningar kan även uppstå gentemot kulturmiljöintressena eftersom en våtmark kan vara kostnadseffektiv ur reningshänseende även om kvalitetskriterierna för kulturmiljöhänsyn inte är uppfyllda.

Viktigt att betona är även att all biologisk mångfald inte kan gynnas genom att anlägga våtmarker som näringsfällor. För en effektiv rening av växtnäring eftersträvas våtmarker med hög näringsbelastning inom vissa områden i Sverige. För den biologiska mångfalden är det viktigt att det finns olika typer av våtmarker i Sverige och inom olika regioner, vilket även innefattar anläggning och restaurering av våtmarkstyper med låg näringstatus samt placering där våtmarkerna har en ytterst liten reningseffekt för sjöar och hav.

2 Inledning

Utdikning av våtmarker och sjösänkning för att skapa ny odlingsmark har sedan århundraden tillämpats i Sverige. Stora arealer våtmarker har försvunnit, framför allt i södra Sverige. I vissa jordbruksområden har mer än 90 procent av våtmarkerna försvunnit. Under den mest intensiva sjösänkingsperioden 1880-1950 sänktes vattennivån i 2 500 sjöar varav drygt 600 sjöar torrlades helt. Sedan 1840-talet och ända fram till 1970-talet har statligt stöd getts för torrläggning av mark för jordbruksändamål.

Utdikning, sjösänkning och vattendrag som rätats ut har radikalt minskat livsmiljön för våtmarksberoende växter och djur och lett till att vattnets uppehållstid på land förkortats. De naturliga reningsprocesserna i mark och vatten får därmed betydligt kortare tid att verka, vilket bidrar till övergödningen av havet liksom i många sjöar och vattendrag.

På senare tid har man insett våtmarkernas positiva funktioner bl.a. för rening av vatten, flödesutjämning och natur- och kulturmiljön. År 1986 infördes tillståndsprövning för markavvattning. Sedan 1990 har statligt stöd getts för att återskapa våtmarker i odlingslandskapet, vilket har resulterat i drygt 6 000 hektar anlagda våtmarker under perioden 1990-2003. Våtmarker har även anlagts med kommunal eller privat finansiering. Under denna period då våtmarker har anlagts och restaurerats har mycket kunskap vunnits om hur olika faktorer påverkar våtmarkens effekt bl.a. för retention (rening) av växtnäring och den biologiska mångfalden. Erfarenheter har även gjorts utomlands, bl.a. i våra nordiska grannländer. Studier visar att våtmarker kan utgöra ett viktigt bidrag för att minska problemet med övergödning av havet, sjöar och vattendrag. Det har även visat sig att ett stort antal våtmarksarter är hotade till sin existens, bl.a. är omkring 560 rödlistade arter beroende av våtmarker i den öppna naturtyp som odlingslandskapet utgör.

År 2001 fastställde riksdagen miljö kvalitetsmålet *Myllrande våtmarker* enligt vilket minst 12 000 hektar våtmarker ska anläggas eller återställas i odlingslandskapet mellan år 2000 och 2010. Under 2000-2003 har omkring 2 800 hektar våtmarker anlagts eller restaurerats i odlingslandskapet. De våtmarker som återskapas utgör bara en liten del av den våtmarksareal som tidigare dränerats och omförts till åkermark. Därför är det av stor vikt att de våtmarker som anläggs och restaureras så effektivt som möjligt bidrar till retentionen av växtnäring och till att bevara den biologiska mångfalden.

2.1 Uppdraget

Regeringen gav den 11 april 2002 Jordbruksverket i uppdrag att, efter samråd med Naturvårdsverket, Riksantikvarieämbetet och andra berörda myndigheter och organisationer, utveckla kvalitetskriterier för våtmarker i odlingslandskapet.

Enligt regeringsbeslutet är syftet med kvalitetskriterierna att *odlingslandskapets våtmarker ska ha en utformning och lokalisering som leder till en effektiv reduktion av växtnäringsförluster samtidigt som den biologiska mångfalden kan gynnas och hänsyn tas till platsens kulturhistoriska värden*. I uppdraget nämns även att det kan finnas en konflikt mellan att använda våtmarken som närsaltfälla och att gynna den biologiska mångfalden.

Enligt regeringsbeslut den 30 oktober 2003 ska uppdraget redovisas senast den 27 februari 2004.

Jordbruksverket har tolkat uppdraget så att kvalitetskriterierna i första hand ska gälla våtmarker vars huvudsyfte är rening av växtnäring (näringsretention). Uppdraget syftar även till att ta fram kriterier för hur våtmarker med näringsretention som huvudsyfte kan anpassas för att gynna den biologiska mångfalden och för hur hänsyn kan tas till kulturmiljön.

2.2 Disposition och läsanvisning

Rapporten inleds med en kort sammanfattning (kapitel 1). I kapitel 2 ges en bakgrund till rapporten, förklaringar av begrepp och annat som är av betydelse för läsningen. De grundläggande processerna för näringsretention i våtmarker beskrivs i kapitel 3. Detta kapitel ger en bakgrund till kapitel 4-5. I kapitel 4 (Placering) och 5 (Utformning och skötsel) beskrivs kvalitetskriterierna för retention av växtnäring. Kapitel 3-5 behandlar våtmarkerna nästan uteslutande utifrån syftet att de ska ge en så effektiv retention av växtnäring som möjligt.

I kapitel 6 beskrivs hur olika syften (näringsretention, biologisk mångfald och kulturmiljön) samverkar (s.k. synergieffekter) och konflikter mellan olika intressen. Av kapitel 6 framgår även skillnader mellan kväve- och fosforrening i våtmarker, grundläggande krav för kulturmiljöhänsyn samt hur våtmarker vars huvudsyfte är näringsretention kan anpassas för att gynna den biologiska mångfalden.

Kapitel 7 och 8 har ett annat angreppssätt än övriga kapitel eftersom de behandlar våtmarker utifrån syftet att gynna den biologiska mångfalden (kapitel 7) respektive kulturmiljövärdena (kapitel 8). Avsikten med att behandla olika syften i olika kapitel är att tydliggöra hur olika faktorer eller kvalitetskriterier påverkar de olika intressena.

Rapporten avslutas med en genomgång av olika våtmarksdefinitioner (kapitel 9). Kapitel 10 innehåller en referenslista för hela rapporten.

Rapporten är skriven utifrån det uppdrag som regeringen har gett Jordbruksverket och avser i första hand att täcka in de frågeställningar som finns i uppdraget. En avsikt med rapporten har även varit att fungera som vägledande för myndigheter, kommuner och organisationer som är inblandade i våtmarksarbete. I rapporten har stor vikt lagts vid att de kvalitetskriterier som förs fram är väl underbyggda och beskrivningarna är därför i vissa avsnitt relativt omfattande. Rapporten avser därför inte att vara en slags praktisk handbok att använda vid själva anläggningsarbetet, men bör däremot kunna utgöra ett underlag för att ta fram informationsmaterial exempelvis till lantbrukare och projektörer.

Kapitel 4-8 inleds med en sammanfattning av respektive kapitel. Sammanfattningarna samt uppdelningen i olika kapitel för näringsretention, biologisk mångfald respektive kulturmiljövärden medför att vissa förklaringar upprepas i texten. Vi har dock ansett att viss upprepning är motiverad för att underlätta förståelsen i de fall då läsning sker av endast enstaka kapitel eller avsnitt av rapporten.

2.3 Avgränsning

Enligt uppdraget ska kvalitetskriterierna omfatta våtmarkernas *lokalisering* och *utformning*. I rapporten beskrivs vilka områden i landet som bör prioriteras för våtmarker samt kriterier för var i det lokala landskapet våtmarkerna bör placeras. Kriterierna för utformning som beskrivs i rapporten påverkas av vilken skötsel som planeras i våtmarken. Därför innehåller rapporten även kriterier för *skötsel*. Kriterierna kan tillämpas både vid anläggning av nya våtmarker och vid restaurering av befintliga våtmarker.

Vilka styrmedel som ska användas för att uppnå våtmarker som uppfyller kvalitetskriterierna behandlas inte i rapporten. Detta är dock en avgörande fråga för att kunna öka våtmarkernas positiva effekt för miljön. Faktorer som vattendomar eller stödnivåer i förhållande till kostnader för våtmarkerna, vilka påverkar möjligheten att uppnå våtmarker som uppfyller kriterierna, nämns i rapporten, men det skulle behövas en särskild utredning för att bedöma vilka åtgärder som är mest verkningsfulla.

I rapporten beskrivs kriterier för näringsretention, biologisk mångfald och kulturmiljöhänsyn.

För biologisk mångfald gäller kriterierna dels hur våtmarker vars huvudsyfte är näringsretention kan anpassas för att gynna den biologiska mångfalden. I rapporten diskuteras även kriterier för våtmarker vars huvudsakliga syfte är att gynna den biologiska mångfalden, dock inte heltäckande för alla olika våtmarkstyper.

Rapporten avser våtmarker i odlingslandskapet. Kvalitetskriterierna är inriktade på våtmarker för att avskilja näringsämnen som utlakas från jordbruksmark, vilket innebär s.k. diffusa utsläpp. I rapporten behandlas exempelvis inte våtmarker i skogslandskapet, dagvattendamm-
mar eller våtmarker för behandling av punktkällor (vatten från reningsverk), även om många av kriterierna är tillämpliga även för sådana våtmarker.

2.4 Utredningens organisation och hur arbetet utförts

Arbetet med kvalitetskriterierna har bedrivits i projektform under perioden november 2002 till februari 2004. Deltagare i projektet har varit John Strand (Hushållningssällskapet i Halland/Våtmarkscentrum i Halmstad, representant för Naturvårdsverket), Ann-Christin Weibull (Naturvårdsverket, fr.o.m. mars 2003), Charlotte Hamilton (Riksantikvarieämbetet, nov. 2002 till juli 2003), Johan Linde (Riksantikvarieämbetet, aug. 2003 till feb. 2004), Markus Hoffman (Lantbrukarnas riksförbund, LRF) samt från Jordbruksverket Bertil Albertsson, Ulrika Bergman, Gunnar Rosqvist och Nils Lagerkvist (projektledare).

Projektet styrgrupp har utgjorts av Olof Johansson (ordförande), Pasi Kemi (nov. 2002 till maj 2003), Lennart de Maré, Evert Jonsson och Jan Gustavsson, samtliga från Jordbruksverket. Jordbruksverkets utredningsråd har ansvarat för kvalitetsgranskning av projektet.

Till utredningen har även knutits en referensgrupp bestående av Karin Tonderski (Vattenstrategiska forskningsprogrammet, VASTRA), Stefan Weisner (Våtmarkscentrum i Halmstad), Åke Berg (Centrum för biologisk mångfald, CBM), Peter Feuerbach (Hushållningssällskapet i Halland), Hans Bjuringer (Länsstyrelsen i Halland, representant för samtliga län), Michael Löfroth (Världsnaturfonden, WWF) och Arne Gustafson (Sveriges lantbruksuniversitet, SLU).

Referensgruppen har vid fyra tillfällen ombetts att lämna synpunkter på rapportutkast som skickats ut. Därutöver har möten hållits den 16 december 2002 och den 19 november 2003 med referensgruppen samt ytterligare inbjudna experter. Viktiga synpunkter har även lämnats av bl.a. Ekologgruppen i Landskrona.

2.5 Arealmål och miljökvalitetsmål

Våtmarker i odlingslandskapet har betydelse för flera av de miljökvalitetsmål som riksdagen fastställt. Främst är dock odlingslandskapets våtmarker viktiga för att uppnå miljökvalitetsmålen *Myllrande våtmarker*, *Ett rikt odlingslandskap* och *Ingen övergödning*. Av propositionen Svenska miljömål - delmål och åtgärdsstrategier (*prop. 2000/01:130, bet. 2001/02: MJU3, rskr. 2001/02:36*) framgår följande:

Enligt delmål 4 för *Myllrande våtmarker* ska minst 12 000 hektar våtmarker och småvatten anläggas eller återställas i odlingslandskapet fram till år 2010. Av delmålet framgår att det är nödvändigt att både återställa tidigare och anlägga nya våtmarker i odlingslandskapet för att säkra och skapa förutsättningar för biologisk mångfald, vårda eller återskapa kulturhistoriska värden och samband samt för att minska näringsläckaget. Vidare nämns att våtmarkerna i första hand bör anläggas och återställas i bygder där de i stort sett har utplånats samt att våtmarker med fördel kan anläggas i kustområden för att minska näringsläckaget.

För delmål 4 (*Myllrande våtmarker*) anges även att de utpekade åtgärderna i sig inte är till-

räckliga för att den stora mängd organismer som är knutna till våtmarker säkert ska kunna överleva och spridas mellan de alltmer fragmenterade våtmarkerna. Vidare nämns att det även efter år 2010 kommer att finnas behov av ytterligare insatser och att det på längre sikt förmodligen behöver anläggas fler våtmarker för att nå miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning*. Dessutom påpekas att det kan finnas en konflikt mellan att använda en våtmark som närsaltfälla och önskemålet om förbättrade förutsättningar för biologisk mångfald.

För miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* anges att åtgärden att anlägga och återställa våtmarker i odlingslandskapet under miljö kvalitetsmålet *Myllrande våtmarker* bidrar till att minska övergödningen. Anläggning av våtmarker nämns som en av flera åtgärder för att minska utsläppen av kväve och fosfor till vatten. Vidare anges att det är viktigt att kunna styra anläggandet av våtmarker till de områden där de bäst behövs för att nå delmål 3 för *Ingen övergödning* (minskade utsläpp av kväveföreningar till havet). Genom att åtgärderna, bl.a. anläggning av våtmarker, koncentreras till de län som har störst läckage av kväve, dvs. Skåne, Halland och Blekinge, erhålls störst effekt där förändringsbehoven är störst.

Enligt Jordbruksverkets beräkningar förväntas 12 000 hektar våtmarker i odlingslandskapet minska belastningen av kväve med 2 100 ton per år, vilket grundar sig på antagandet att reningseffekten i våtmarkerna i genomsnitt uppgår till 150-200 kg N/ha och år (Jordbruksverket 2000). Något kvantifierat mål för hur mycket fosfor som ska avskiljas i våtmarkerna finns inte. Jordbruksverkets målsättning är att jordbrukets förluster av fosfor till sjöar och vattendrag ska fortsätta att minska (Jordbruksverket 2000). Det är heller inte möjligt att idag ange ett kvantifierat mål för våtmarker med syfte att gynna den biologiska mångfalden (Naturvårdsverket 1999a).

2.6 Viktiga begrepp och definitioner

Nedan förklaras ord som har stor betydelse vid läsning av rapporten.

2.6.1 Kvalitetskriterier

Kvalitetskriterierna utgörs av enskilda faktorer, t.ex. släntlutning eller placering i landskapet, som bör beaktas vid anläggning eller restaurering av våtmarker. Tillsammans beskriver kvalitetskriterierna ett önskvärt eller optimalt tillstånd för våtmarkerna. Kriterierna syftar till att öka miljönyttan och kulturmiljöhänsynen för våtmarker och kan användas både som verktyg vid planering och prioritering av våtmarker och för att ge praktiska råd vid anläggning, restaurering och skötselarbete. Kvalitetskriterierna tydliggör även konflikter mellan olika intressen.

Det kan vara svårt att skapa våtmarker som uppfyller alla kvalitetskriterier. En våtmark kan dock vara kostnadseffektiv även om kvalitetskriterierna inte följs fullt ut. Våtmarker anläggs och restaureras i odlingslandskapet även på privata initiativ utan statlig medfinansiering. Prioritering kan då göras utifrån andra syften än vad som behandlas i denna rapport, såsom att våtmarken ska kunna användas för jaktändamål eller bevattning. Kvalitetskriterierna är dock även användbara för sådana våtmarker, för att ge råd om hur våtmarkens miljönytta kan ökas.

Det finns ett problem i att utforma kvalitetskriterier som ska gälla alla våtmarker. Speciellt om syftet är att gynna biologisk mångfald, för vilket en variation i våtmarkstyper eftersträvas, är det i många fall olämpligt att utforma kriterier som ska gälla alla våtmarker. Vissa generella riktlinjer eller kriterier är dock viktiga att ange även för våtmarker med biologisk mångfald som huvudsyfte. Dock kan dessa kriterier behöva se något olika ut för olika våtmarkstyper.

Kriterierna för placering, utformning och skötsel är till stor del beroende av varandra, varför det är viktigt att hänsyn tas till alla tre kategorierna vid planering av våtmarker. Valet av placering är beroende av vilken utformning, dimensionering och skötsel som är möjlig på plat-

sen. Vilken utformning som är mest ändamålsenlig påverkas av vilken skötsel som planeras för våtmarken.

2.6.2 Våtmark

Det finns en stor variation i utseende och funktion både inom en våtmark och mellan våtmarker. Våtmarker i odlingslandskapet omfattar många olika våtmarkstyper, som strandängar, slätterkärr, dammar, infiltrationsvåtmarker mm, där en och samma våtmark kan ha karaktär av flera av dessa våtmarkstyper. Våtmarkens karaktär påverkas av många faktorer, t.ex. om den anlagts genom dämning eller grävning, om tillflödet huvudsakligen utgörs av grund- eller ytvatten, om våtmarken håller vatten under hela eller delar av året, om vattnet huvudsakligen transporteras ovanpå eller genom marklagret, eventuell skötsel etc.

I litteraturen används flera olika definitioner av vad som är en våtmark. I vissa sammanhang försöker man skilja på våtmarker och vad som brukar benämnas som dammar eller småvatten. Det har visat sig vara svårt att bestämma en heltäckande våtmarksdefinition som är användbar i alla sammanhang. I kapitel 9 redogörs för de vanligaste definitionerna. För denna rapport som avser anlagda och restaurerade våtmarker i odlingslandskapet har följande definition valts, vilken omfattar samtliga ovan nämnda våtmarkstyper inklusive dammar och småvatten:

Våtmarker är områden där hydrologin är sådan att hydrofil (vattenälskande) vegetation täcker mer än 50 procent av den vegetationstäckta ytan.

2.6.3 Anläggning och restaurering

I viss litteratur används ordet anläggning för samtliga åtgärder för att skapa nya eller modifiera befintliga våtmarker. Ordet anläggning används även som benämning på de konstruktioner, t.ex. dammvallar, nivåbrunnar vid in- och utlopp samt pumpanordningar, som används för att få önskad utformning och funktion i våtmarken.

Ordet restaurering betyder återställande (i ursprungligt skick) och används i våtmarkssammanhang vanligtvis för åtgärder som avser att återställa eller förbättra funktionen för befintliga våtmarker.

I denna rapport används begreppen enligt följande:

Anläggning - skapande av en ny våtmark på mark som inte är att betrakta som våtmark

Restaurering - förbättring av befintlig våtmark

I rapporten används begreppet anläggning både för återskapande av våtmarker på mark som tidigare varit våtmark (men som t.ex. dikats ut och används som åker) och för nyanläggning på mark som inte tidigare varit våtmark.

2.6.4 Avrinningsområde och tillrinningsområde

I rapporten används begreppet *avrinningsområde* för att beskriva huvudavrinningsområdena i Sverige. För att beskriva själva våtmarkens avrinningsområde, dvs. det område vars avrinnande vatten rinner till våtmarken, används genomgående begreppet *tillrinningsområde*. I andra sammanhang används ofta termen avrinningsområde även för att beskriva våtmarkens tillrinningsområde. Utredningen har dock valt att hålla isär de olika begreppen för att förtydliga vad som avses.

2.6.5 Utlakning och läckage av näringsämnen

Begreppen utlakning och läckage används ofta som synonymer, men i den här rapporten eftersträvas en striktare definition. Med utlakning avses vattenburen transport av växtnärings-

ämnena från mark till yt- och grundvatten. Ordet läckage används för att beskriva växtnäringss-förluster från våtmarken, t.ex. läckage av näringsämnen från våtmarkens sediment.

2.6.6 Belastning av näringsämnena

Med *näringsbelastning* avses mängden kväve eller fosfor som kommer in i en våtmark per tidsenhet (kg år^{-1}). I rapporten används även begreppet *ytspecifik näringsbelastning*, dvs. belastning per våtmarksyta och år ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$). När näringsbelastning används i denna rapport ska det, om inget annat anges, förstås som ytspecifik näringsbelastning.

Med *hydraulisk belastning* avses mängden vatten som kommer in i våtmarken per tidsenhet ($\text{m}^3 \text{år}^{-1}$). Näringsbelastningen beror på dels den hydrauliska belastningen och *koncentrationen* (mg l^{-1}) av näringsämnena i inkommande vatten. Både koncentrationen av näringsämnena och den hydrauliska belastningen kan variera kraftigt över året vilket leder till en variation i näringsbelastning.

2.6.7 Retention och avskiljning

I denna rapport används begreppet *retention* för samtliga reningsprocesser som sker i våtmarker. Retention innebär att näringsämnena genom olika processer (framför allt växtupptag, denitrifikation och sedimentation) avskiljs från vattenmassan, antingen till växter och alger, till sedimentet eller upp i atmosfären. I vissa fall används ordet *avskiljning* med samma innebörd som retention.

Retentionen i en våtmark kan redovisas som absolut (kg) eller relativ (procent, dvs. andel av inkommande näringsämnena som renas i våtmarken). I många sammanhang används dock begreppet *ytspecifik retention*, som innebär mängden näringsämnena som avskiljs per våtmarksyta och år ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$). När retention och avskiljning används i denna rapport ska det om inget annat anges förstås som ytspecifik retention ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$).

I vissa sammanhang i rapporten används ordet *retention* även för de reningsprocesser som sker utanför våtmarken, dvs. vattnets naturliga självrening när det passerar mark, sjöar och vattendrag på väg till recipienten. När ordet retention används med denna betydelse förklaras det i texten.

2.6.8 Habitatheterogenitet

Med habitatheterogenitet menas variation i livsmiljöer. I rapporten används begreppet för att beskriva själva våtmarken, t.ex. djupvariation och flikighet, eller våtmarken tillsammans med omgivande miljö. Ju högre habitatheterogenitet i en miljö desto större förutsättning finns att fler arter ska hitta något ställe som passar just deras krav på livsmiljö.

2.6.9 Kostnadseffektivitet

För att kunna prioritera mellan olika lägen för våtmarker och vid val av utformning behöver våtmarkens miljönytta i förhållande till kostnaderna (kostnadseffektiviteten) bedömas. Våtmarkernas kostnadseffektivitet bör även vara vägledande vid planering av våtmarker och andra åtgärder för att minska näringsläckaget, t.ex. inom ett avrinningsområde.

För våtmarker vars huvudsyfte är näringsretention får man lämpligast ett mått på kostnadseffektiviteten genom att bedöma kostnaden per kilo kväve och fosfor som avskiljs i våtmarken per år ($\text{kr kg}^{-1} \text{år}^{-1}$). Kostnaderna består i *markens alternativvärde*, dvs. den intäkt som brukaren av marken går miste om i och med att markanvändningen övergår från t.ex. produktion av livsmedel till att bli våtmark, samt *anläggnings- eller restaureringskostnader*. Dessutom bör

skötselkostnader räknas in eftersom skötseln ofta är en förutsättning för att våtmarken ska ge en långsiktig miljönytta.

En utgångspunkt är att våtmarker bör anläggas där kostnaden för att uppnå uppsatta reduktionsmål för kväve och fosfor är så låg som möjligt. Både reduktionsmålen och tillgängliga resurser har därför stor betydelse för vilka våtmarkslägen som ska prioriteras.

Följande mål kan formuleras för våtmarker med näringsretention som huvudsyfte:

- Retentionen per hektar våtmark ska vara så stor som möjligt ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$)
- Kostnaden per renat kilo N och P ska vara så låg som möjligt ($\text{kr kg}^{-1} \text{år}^{-1}$)

Dessa två mål är inte alltid förenliga eftersom kostnaden per kilo N eller P som renas kan vara lägre i en våtmark som t.ex. avskiljer 100 kg N/hektar jämfört med en våtmark avskiljer 200 kg N/hektar. Kvalitetskriterierna i denna rapport beskriver främst hur våtmarker ska placeras, utformas och skötas för att retentionen per hektar våtmark ska bli så stor som möjligt. Detta tydliggör att kvalitetskriterierna inte ensamt kan användas vid planering av våtmarker, utan att även kostnadseffektiviteten behöver beaktas. Planeringen av våtmarker behöver även ställas i relation till tillgängliga resurser och uppsatta reduktionsmål.

3 Processer för näringsretention i våtmarker

3.1 Tre processer för retention av kväve och fosfor

De viktigaste processerna för retention av kväve i våtmarker sker genom *denitrifikation*, *upptag av växter och alger* samt *sedimentation*. De två sistnämnda processerna är också verk-samma för fosfor.

Denitrifikation innebär att bakterier omvandlar nitrat via nitrit till kvävgas och en mindre andel lustgas. Denitrifikationsbakterierna finns i sedimentet och i en s.k. biofilm på vattenväxter och sediment. Kvävgasen löser sig i vattnet varefter den försvinner upp i atmosfären. Till skillnad från sedimentation och upptag av växter och alger, innebär denitrifikation att kvävet varaktigt försvinner från våtmarken.

Växter och alger bygger under vegetationssäsongen in kväve och fosfor i sin biomassa. När växtdelar bryts ned återförs en del av näringsämnena till vattnet igen. Huruvida växternas upptag medför ett varaktigt borttagande av näringsämnen beror på om den totala biomassan av växter och alger ökar eller om biomassa skördas och förs bort från våtmarken. Även **bakteriernas** upptag av fosfor kan vara av betydelse för att avskilja fosfor i våtmarkerna delvis genom att bakterierna avger den assimilerade fosfor som organiska föreningar, men också genom sedimentation av döda bakterier.

Sedimentation sker genom att vattnet bromsas upp när det kommer in i våtmarken så att partiklar i vattnet kan sjunka till botten. När sedimenterat organiskt material bryts ned frigörs både kväve och fosfor som genom diffusion kan återföras till vattenmassan igen. Sedimentationens effekt för retentionen påverkas även av om sedimentet virvlas upp (resuspenderas) av vågor, vattenströmmar eller djur och om det resuspenderade materialet sedimenterar igen eller förs ut ur våtmarken. Sedimentationen har i första hand betydelse för fastläggning av oorganiskt bunden fosfor eftersom en stor del av det organiska kvävet och fosfor och som hamnar i sedimentet överförs till vattenfasen igen.

Kvalitetskriterierna för våtmarker som näringsfällor syftar till att gynna ovan nämnda processer.

3.2 Processernas betydelse för retentionen

Vilken process som har störst betydelse för retentionen av näringsämnen varierar både mellan våtmarker och över tiden. Under året styrs sedimentationsprocessen till stor del av flödet. Under höghöjning ökar mängden partiklar i vattnet samtidigt som risken för att sediment ska virvlas upp (resuspenderas) och föras ut ur våtmarken ökar. Växternas upptag av växtnäring sker endast under vegetationsperioden. Även denitrifikationsaktiviteten minskar under årets kalla period, men eftersom flödet av vatten och näringsämnen ofta är större under vinterhalvåret kan en omfattande denitrifikation även ske under denna period.

De olika processernas effektivitet ändras även med våtmarkens ålder. Denitrifikationen och den aktiva inlagringen av kväve och fosfor i växter och alger blir ofta mer betydelsefull efter några år. Sedimentation däremot kan effektivt binda kväve och fosfor under en viss tid, men sedimentet kan virvlas upp igen samtidigt som de kemiska förhållandena i vatten och sediment gör att kvävet, och ibland även fosfor, återförs till vattnet igen. De olika processernas betydelse för retention av kväve och fosfor påverkas även av våtmarkens placering, utformning och skötsel.

De flesta undersökningar som genomförts för att uppskatta mängden kväve och fosfor som reduceras i våtmarker är gjorda genom att koncentrationen mäts i in- och utlopp eller genom modellberäkningar. Sådana undersökningar anger inte de olika processernas relativa betydelse sinsemellan. En sammanställning av massbalansstudier och mätningar i våtmarker (Tonderski m.fl. 2002) visar att betydligt mycket mer kväve kan reduceras genom denitrifikation än vad som kan tas upp av akvatiska kärlväxter. Mängden kväve som kan avskiljas genom sedimentation är enligt ovan nämnda sammanställning osäker. Eftersom denitrifikationen även innebär att kvävet försvinner från våtmarken får denna process anses vara den viktigaste för retentionen av kväve i våtmarker som anläggs som näringsfällor i odlingslandskapet.

Växternas upptag av näringsämnen binder kväve och fosfor under vegetationsperioden, men en stor del av näringen återförs till vattnet när växterna vissnar ned på hösten. Vid regelbunden skörd kan dock växternas upptag få en stor betydelse, framför allt för fosforavskiljningen. Detta gäller särskilt s.k. produktionsvåtmarker som optimerats för detta syfte (Weisner och Tonderski 2002). För de flesta av odlingslandskapets våtmarker gäller dock att utformning och skötsel av våtmarker som näringsfällor i första hand bör vara inriktad på att gynna denitrifikation och sedimentation.

För fosfor har man kunnat visa på en betydande retention i våtmarker där det sker en stor sedimentation (Braskerud 2001). Betydelsen av växtupptag i förhållande till sedimentation beror på våtmarkens egenskaper (belastning, förutsättningar för sedimentation m.m.). Sedimentationen anses dock vara den process som kan ha störst betydelse för retentionen av fosfor.

Nedan beskrivs hur de olika processerna fungerar. Mer utförliga beskrivningar av hur sedimentationsprocessen fungerar har gjorts av Johnston (1991) och Reddy m.fl. (1999). Denitrifikationsprocessen beskrivs bl.a. i (Leonardsson 1994, 2002). Nuvarande kunskapsläge finns även sammanställt i Våtmarksboken (Tonderski m.fl. 2002).

3.2.1 Denitrifikation

Denitrifikation i våtmarker sker när denitrifierande bakterier oxiderar organiskt material till bl.a. koldioxid och vatten. I denna process mottar nitrat elektroner som frigörs vid oxidationen och reduceras då via flera steg till kvävgas (Eriksson 2000). Kvävgasen löser sig i vattnet varefter den försvinner upp i atmosfären. Vid denitrifikationen bildas även lustgas.

För våtmarker där en stor del av kvävet utgörs av ammonium eller organiskt bundet kväve är även processer som nitrifikation (omvandling av ammoniumkväve till nitrat) betydelsefulla för kväveretentionen. Enligt Arheimer och Wittgren (2002) utgörs dock 85-95 procent av det kväve som kommer från jordbruksmark av nitrat varför det främst är denitrifikationsprocessen som är viktig i odlingslandskapets våtmarker.

Denitrifikationsbakterierna finns i våtmarkens sediment samt i en s.k. biofilm som finns på bl.a. vattenväxter och sedimenttytor. Biofilmen består av levande och döda bakterier, alger och protozoer som hålls samman av utsöndrade polysackarider. I biofilmen sker nitrifikation och denitrifikation som har stor betydelse för kväveavskiljningen i våtmarken (Eriksson och Weisner 1999).

Denitrifikationen är en anaerob process, som sker i mikromiljöer som saknar syre. Eftersom växternas fotosyntes innebär produktion av syre hämmas denitrifikationen på växternas biofilm när fotosyntesen sker (Weisner m.fl. 1994). I våtmarkers sediment minskar vanligen syrehalten med sedimentdjupet. Vid ofullständig denitrifikation vilket kan ske vid mycket låg halt av syre, vid lågt pH-värde (pH 4-5) och vid låg temperatur kan dock processen stanna av varvid slutprodukten blir nitrit eller lustgas (Tonderski m.fl. 2002). Denitrifikationsbakteriernas tillväxt gynnas av temperaturer mellan 15-30°C (Reddy och Patrick 1984), men processen har visat sig fungera även vid temperaturer ned till noll grader.

Denitrifikationsprocessen kräver tillgång på kemiskt bunden energi som kan oxideras. En förutsättning för processen är därför att bakterierna har tillgång till nedbrytbart organiskt material. Detta kan utgöras av döda växter och djur, sedimentpartiklar eller lösta organiska ämnen. Den viktigaste källan till energi för denitrifikationsbakterier utgörs av organiska föreningar som växterna bildat genom sin fotosyntes (Wittgren 1994). Tillgången på nedbrytbart organiskt material påverkar denitrifikationens hastighet (Leonardsson 2002). Denitrifikationen kan vara kolbegränsad vilket visas bl.a. av en höjd denitrifikation då en extern kolkälla tillsätts (Weisner m.fl. 1994, Burgoon 2001). De finns få uppgifter i litteraturen om olika vattenväxters påverkan på denitrifikationen. En varierad växtlighet kan dock ge en mer jämn tillgång på organiskt kol, vilket gynnar denitrifikationsbakterierna.

Förutom att växterna utgör den viktigaste kolkällan för denitrifikationsbakterierna skapar vegetationen tillgängliga ytor där biofilmen kan etableras. En riklig och varierad vegetation är därför gynnsam för denitrifikationen. Det är även viktigt att vegetationen inte hindrar att vattnet omsätts i hela våtmarken.

Våtmarkens omsättningstid, belastning och hydraulik har stor betydelse för denitrifikationen. Ju längre tid vattnet uppehåller sig i våtmarken desto större del av det tillförda kvävet kan reduceras av bakterierna. Denitrifikationen ökar även vid hög belastning (kg ha^{-1}) av kväve samt om andelen nitratkväve är hög (Fleischer m.fl. 1994). En hög belastning ger vanligen en hög absolut retention (kg ha^{-1}) men en låg relativ retention (andel av total belastning). Vattnets koncentration av nitrat har stor betydelse för denitrifikationen. Om koncentrationen är för låg avstannar denitrifikationsaktiviteten. Dessutom innebär en högre koncentration att nitraten kan diffundera längre ned i sedimentet, vilket ökar det djup där denitrifikationsprocessen verkar (Sörensen m.fl. 1990).

Det är viktigt att det inkommande näringsrika vattnet når en så stor del av våtmarken som möjligt, dvs. att den hydrauliska effektiviteten är hög. Om vattenutbytet mellan djupare zoner med öppet vatten och de grunda zoner med tät vegetation begränsas kommer det näringsrika vattnet från inloppet endast i liten utsträckning i kontakt med biofilmen i den bevuxna zonen.

Enligt Eriksson och Weisner (1996) finns en negativ relation mellan vattenrörelser och denitrifikation i biofilmer på undervattensväxter. Vid turbulenta och höga vattenflöden riskerar en stor del av bakterierna, algerna och protozoerna att sköljas bort vilket hindrar uppbyggnaden av biofilmer.

Flera forskare har visat att bioturbation av bottendjur, exempelvis fjädermygglarver (chironomider) (Svensson och Leonardsson 1996, Svensson 1997), kan öka denitrifikationen. Speciellt hålbbyggande bottendjur som söker föda och förser sig med syre genom att pumpa vatten genom gångarna gynnar denitrifikationen eftersom deras aktivitet ökar kontaktytan mellan vatten och sediment samtidigt som nitrat och syre förs längre ned i sedimentet. Av särskild betydelse är att bioturbationen ger upphov till tunnare diffusionsskikt i gångarna vilket leder till att nitratmolekylerna får kortare väg att gå från vattnet till den syrefria mikromiljön i sedimentet där denitrifikationen sker (Svensson och Leonardsson 1996). Det har dock visats att hålbbyggande bottendjur samtidigt leder till ökad frisättning av ammonium (NH_4^+), dels från sedimentets porvatten men även genom djurens exkretion. Nettoeffekten av bottendjurens bioturbation kan därför både bli positiv och negativ kväveretention i våtmarken.

3.2.2 Näringsupptag av växter

Vattenvegetationen är av stor betydelse för våtmarkens reningsförmåga. Genom flera olika funktioner har vattenväxter direkta och/eller indirekta positiva effekter för våtmarkers förmåga att avskilja näringsämnen. En fri utveckling för vattenväxterna är dock en vanlig orsak till att en våtmark, genom igenväxning och kanalisering, på sikt försämrar sin vattenrenande för-

måga. Därför är det viktigt att ha vegetationen i åtanke vid utformningen av våtmarker, för att kunna skapa gynnsamma förutsättningar för etablering och tillväxt samt möjlighet till rationell skötsel.

Vattenväxternas positiva effekter på näringsavskiljning i våtmarker delas oftast in i tre kategorier (Leonardsson 2002):

- Växternas direkta upptag av näringsämnen.
- Växternas direkta och indirekta betydelse för den mikrobiella kväveomsättningen (nitrifikation och denitrifikation).
- Växternas betydelse för sedimentation och resuspension av sediment.

Framför allt växternas positiva effekt på den bakteriella näringsomsättningen samt sedimentationsprocesserna anses vara av stor betydelse.

3.2.2.1 Direkt näringsupptag av vegetation

Växter bygger under vegetationssäsongen in kväve och fosfor i sin biomassa. Det direkta upptaget av näringsämnen anses dock oftast inte tillföra en våtmarks näringsavskiljning mer än några få procent (Leonardsson 2002). Effekten av direkt näringsupptag kan i viss mån förstärkas genom regelbunden skörd och bortförsel av grön biomassa.

Äldre data från Skottland tyder på att man genom skörd av vegetation i särskilt utformade produktionsvåtmarker kan föra bort ca 500 kg N/ha och 50 kg P/ha, och att effektiviteten framför allt påverkas av våtmarkens näringsbelastning och vegetationens produktivitet (Ho 1979, 1981 i Tonderski m.fl 2002). I Sverige har studier gjorts framför allt på skörd av vass (Granéli 1984, Granéli m.fl. 1992) och jättegröe (*Glyceria maxima*) (Sundblad 1990).

3.2.2.2 Vegetationens betydelse för denitrifikationen

Växterna är viktiga som kolkälla för denitrifierande bakterier, vilket beskrivs i avsnitt 3.2.1. Dessutom bidrar växternas blad, stjälkar och stammar till att den tillgängliga ytan för denitrifikation ökar avsevärt. Exempelvis ger ett bestånd av borstnate (*Potamogeton pectinatus*) med täthet på 100 g/m² omkring 16 m² tillgänglig yta per kvadratmeter bottenyta. Dessa ytor koloniserar av påväxtalger och bakterier som bildar biofilmer på blad och stjälkar.

3.2.2.3 Vegetationens betydelse för sedimentation i våtmarker

Vattnets flödeshastighet minskar betydligt när det rinner genom vattenvegetation (Petticrew och Kalff 1992), vilket leder till ökad sedimentationshastighet och ackumulering av material. En snabb etablering av ett växttäck över hela våtmarken, inklusive eventuella dammvallar minskar även risken för erosion och läckage av näringsämnen från våtmarken. Vegetationen hindrar det sedimenterade materialet från att transporteras upp i vattenmassan igen dels genom de minskande vattenrörelserna och dels genom att vegetationens rotsystem stabiliserar sedimentet (Braskerud 2001). Detta är särskilt betydelsefullt i grunda våtmarker där vattenrörelserna annars lätt kan virvla upp sedimentet.

3.2.2.4 Vegetationens inverkan på algtillväxten

Närvaron av vattenväxter begränsar utvecklingen av fytoplankton och makroalger, som annars kan täcka stora delar av vattenytan och därmed förhindra etableringen av växter. Trådformiga grönalger (t.ex. *Cladophora spp.*) kan bilda täta mattor som täcker hela våtmarksytan. Dessa algmattor kan temporärt (under sommaren) fungera som effektiva näringsfilter, men risk finns

för uttransport av näringen när algerna dör och bryts ner på hösten. Risken för sådan uttransport ökar om algmattorna förhindrat etablering av högre växter som kan binda sediment och minska vattenrörelser. Heltäckande algmattor är också ett estetiskt problem framför allt för tätortsnära våtmarker och om rekreation i våtmarksområdet är ett väsentligt syfte.

3.2.2.5 Vegetationens inverkan på våtmarkens hydrauliska effektivitet

Strömningsmönster och hur vattnets blandas i våtmarken innefattas i begreppet hydraulisk effektivitet för en enskild våtmark. En högre hydraulisk effektivitet ökar uppehållstiden för vattnet i våtmarken och gör att det inkommande näringsrika vattnet kan spridas i hela våtmarken, vilket leder till högre reningseffektivitet. Våtmarkens utformning och skötsel har stor betydelse för den hydrauliska effektiviteten. Likaså påverkar den hydrauliska effektiviteten av vegetationens utbredning, täthet och artsammansättning. Våtmarkens hydrauliska egenskaper är tillsammans med våtmarkens hydrologi (flödesvariationer) mycket viktiga för reningseffektiviteten (Persson 1998, Persson 2000).

Utformningen av våtmarken påverkar hur vegetationen kommer att etableras och breda ut sig. Djupet har främst betydelse för de växter som har delar ovanför vattenytan, t.ex. vass och kaveldun. Undervattensväxterna påverkas av en kombination av siktdjupet och djupförhållandena. Grunda våtmarker med ett vattendjup ned till 0,5 meter kommer på sikt att växa igen med klonbildande övervattensväxter, som vass och kaveldun, om inte årliga insatser görs för att motverka expansionen.

En vanlig utformning av våtmarker är att ha grunda, vegetationstäckta partier perifert i våtmarken (längs kanterna) och med djupare partier centralt. En sådan utformning är negativ för den hydrauliska effektiviteten eftersom vattenutbytet mellan djupare zoner med öppet vatten och grunda zoner med tät vegetation riskerar att bli mycket litet. Det näringsrika vattnet från inloppet kommer därmed endast i liten utsträckning i kontakt med bakteriebiofilmer vilket minskar reningseffekten. Om vegetationen längs kanterna är tät minskar dessutom vegetationens effekt på sedimentationen, eftersom vatten och partiklar snarare kommer att transporteras snabbare genom våtmarken (Dal Cin och Persson 2000).

Genom att ha omväxlande djupare och grundare partier i våtmarken kan man begränsa vegetationens utbredning och ge våtmarken en bättre hydraulisk effektivitet (Tonderski m.fl. 2002). De grundare partierna ska gå vinkelrätt mot flödesriktningen på ca 0,5 m vattendjup för att gynna etableringen av högproduktiva övervattensväxter på dessa partier. I djupare områden mellan de grunda partier kan undervattensväxter etablera sig. Fördelen med denna utformning är att flödet fördelas på ett mer hydrauliskt effektivt sätt och att vegetationsinducerad kanalbildning undviks. Samtidigt ger närvaron av undervattens- och övervattensväxter en ökad mängd substratytor och en produktion av organiskt material som gynnar denitrifikationen.

3.2.3 Sedimentation

Sedimentation sker genom att vattnet bromsas upp när det kommer in i våtmarken så att partiklar i vattnet kan sjunka till botten. När sedimenterat material bryts ned frigörs näringsämnen vilka kan återföras till vattenmassan igen genom diffusion eller genom att sedimentet virvlas upp av djur eller vågor (resuspension). Den långsiktiga fastläggningen av näringsämnen genom sedimentation beror därför både på hur mycket material som sedimenterar, hur stor resuspensionen och diffusionen är samt huruvida resuspenderat material sedimenterar igen eller förs ut ur våtmarken.

3.2.3.1 Sedimentation främst för fastläggning av fosfor

Vid sedimentation hamnar både kväve- och fosforföreningar i sedimentet. När det organiska materialet i sedimentet bryts ned frigörs kväve och fosfor till sedimentets porvatten. De lösta näringsämnena kan tas upp av växter och bakterier eller transporteras vidare i vattnet. Fosfor har dock större benägenhet än kväve att adsorberas eller bindas till mineralkomplex vilket möjliggör en mer varaktig fastläggning i sedimentet. Sedimentationen har därför främst betydelse för fastläggning av fosfor.

3.2.3.2 Förutsättningar för fastläggning av fosfor

Fosfor förekommer i vatten antingen i löst form (som fosfat eller i organisk form) eller bundet till partiklar och aggregat. Det är bara de fosforföreningar som är bundna till partiklar och aggregat som kan sedimentera. Löst fosfat kan tas upp av växter och bakterier. Fosfor i jordbruksmark återfinns till drygt 50 procent som bunden till jordpartiklar och i jordaggregat (Ulén 1997). Fördelningen av partikelbunden respektive löst fosfor i det vatten som kommer in i våtmarken påverkas även av faktorer som jordart, markanvändning (t.ex. om marken är bevuxen eller ej och när plöjning sker) i tillrinningsområdet och avståndet som fosfor transporteras till våtmarken. Avståndet från åkermarken till våtmarken påverkar koncentrationen av fosfor i vattnet och i vilken form fosfor transporteras till våtmarken. En längre transportsträcka kan leda till utspädning av vattnet och att aggregat hinner brytas upp.

För att bedöma förutsättningarna för sedimentation av partikelbunden fosfor i en planerad våtmark är det viktigt att undersöka vilka jordarter som finns i våtmarkens tillrinningsområde. Jordarten har bl.a. betydelse för hur mycket partiklar som eroderar från åkermarken och därmed mängd och sammansättning på de partiklar som kommer in i våtmarken. Jordartens egenskaper bestäms av faktorer som kornstorleksfördelning, ursprungsmaterial samt innehåll av organiska ämnen. Inom jordartsklasserna finns en variation för dessa faktorer.

Utlakningen av fosfor är generellt sett lägre från lätta jordar jämfört med lerjordar, men variationen är stor beroende på t.ex. jordens mullhalt och mineralinnehåll. Möjligheten att få material att sedimentera kan vara större på lätta jordar eftersom partiklarna är större, men även andra faktorer har betydelse för mängden sedimenterbart material som kommer in i våtmarken.

Partiklar sedimenterar med olika hastighet beroende på deras storlek och form. Som framgår av tabell 1 sedimenterar större partiklar snabbare än mindre. Sedimentationstiden i tabell 1 anger den tid det tar för en partikel att sjunka 1 meter i stillastående vatten. I rinnande vatten kan sedimentationstiden bli längre pga. turbulens. Om vattnet flödar snabbt genom våtmarken kan det bli en negativ sedimentationseffekt genom att material i stället virvlas upp och förs ut ur våtmarken. Vattnets uppehållstid i våtmarken har stor betydelse för hur stor andel av partiklarna som kan sedimentera. Vattentransporten från åkrar sker ofta mycket snabbt (Ulén 2002). Den största transporten av material sker under en kortare högflödesperiod under våren. Ett problem är därför att tillförseln av partiklar till våtmarken blir störst när vattnets omsättningstid är som kortast i våtmarken.

Tabell 1: Jordarternas indelning efter kornstorlek (diameter) samt sedimentationstid (sedimentationstid = den tid det tar för en partikel att sjunka 1 meter i stillastående vatten). Källa: Kunskapsboken, Greppa näringens webbplats, www.greppa.nu.

Fraktion	Diameter (mm)	Underavdelning	Sedimentationstid (tid/m)
Grus	20 - 6	Grovgrus	1 sekund
	6 - 2	Fingrus	
Fingrus (sand)	2 - 0,6	Grovsand	10 sekunder
	0,6 - 0,2	Mellansand	
Mo	0,2 - 0,06	Grovmo	2 minuter
	0,06 - 0,02	Finmo	
Mjåla	0,02 - 0,006	Grovmjåla	2 timmar
	0,006 - 0,002	Finmjåla	
Lera	0,002 - 0,0006	Grovlera	8 dygn
	0,0006 - 0,0002	Finlera	

Lerjordar innehåller störst andel små partiklar. De partiklar som eroderar från lerjord är ofta små, s.k. kolloider, som på grund av sin storlek knappt sjunker alls i våtmarken. Lerpartiklar kan dock vara bundna till varandra i aggregat vilket både minskar erosionsbenägenheten och ökar sedimentationshastigheten. Mycket organiskt material i marken (hög mullhalt) bidrar till att hålla ihop lerpartiklarna och göra aggregaten större och stabilare (Ulén 2002).

Även mjålajordar består till stor del av små partiklar vilka behöver en lång tid för att sedimentera. Halten mjåla i jordarten följer ofta lerhalten (Eriksson m.fl. 1998), vilket innebär att jordar med hög lerhalt vanligtvis även har hög mjålahalt. Det material som eroderar från mo och sandjord innehåller mer stora partiklar vilka lättare kan sedimentera.

Enligt Uusi-Kämpää m.fl. (2000) gynnas sedimentationsprocessen av att våtmarkerna är grunda eftersom sjunkande partiklar snabbare når botten. Vattendjupet bör heller inte vara större än att vattenväxter kan etableras över stora delar av våtmarken. På grunda bottenar är dessutom tillgången på syre bättre, vilket kan öka möjligheten att fosfat binds till järn- och manganhydroxider eller, i kalkhaltiga områden till kalciumkarbonat. Risken för utsköljning av sedimenterat material kan dock vara större i grunda våtmarker.

En god tillgång på organiskt material i sediment och vatten ökar bindningen av fosfor till aggregat och ökar sedimentationshastigheten. Vid nedbrytningen av organiskt material kan dock syrebrist uppstå, vilket kan leda till att fosfat frisätts från sedimentet.

3.2.3.3 Läckage från våtmarkssedimentet

Som tidigare nämnts återgår större delen av det kväve som hamnar i sedimentet till vattenfasen igen. Fosfor däremot kan adsorberas eller bindas till mineralkomplex i sedimentet. Stabiliteten i dessa komplex har stor betydelse för hur mycket fosfor som varaktigt binds i sedimentet.

Mineralkomplexens stabilitet påverkas framför allt av pH- och syreförhållanden. Om det uppstår syrebrist i bottenvattnet kan fosfat lösa sig från komplexen och vid höga pH-värden (pH över 8) kan denna frisättning ske även om miljön innehåller syre. Risken för syrebrist är störst vid lågt vattenutbyte i våtmarken, vilket främst inträffar under sommaren, eller om våtmarken är temperaturskiktad eller täckt av is. En viss vattenomsättning och bättre syretillgång motverkar normalt frisättningen av fosfor. Vid högre vattenomsättning och bättre tillgång på syre i övergången från vatten till sediment kan dock mineralisering av organiskt material i sedi-

mentet leda till frigörelse av såväl kväve som fosfor från organiskt material. Vid tillförsel av fosforfattigt vatten till våtmarken kan även koncentrationsskillnaden av fosfor mellan fritt vatten och porvatten (i sedimentet) leda till diffusion av fosfor ut i våtmarken.

3.2.3.4 Läckage från marken där våtmarken anläggs

När åkermark sätts under vatten sker vanligen ett läckage av näringsämnen. Frisättningen av kväve kompenseras bl.a. av denitrifikationen som sker i våtmarken, men för fosfor kan ett nettoutflöde ske. Våtmarker som anläggs i odlingslandskapet kan därför fungera som en källa för fosfor. De höga halterna av kväve och fosfor finns främst i åkermarkens matjord (vanligen ner till 0,25 m). Jordlagret under matjorden (alven) är vanligtvis mindre näringsrik, men även här kan höga fosforhalter leda till läckage efter att våtmarken anlagts.

3.2.3.5 Resuspension och erosion

Resuspension kan uppkomma antingen genom att djur genom sin verksamhet rör upp sediment från botten eller att vågor och vattenströmmen i sig rör upp materialet.

Fåglar och fiskar som födosöker på botten kan bidra till en omfattande resuspension. Studier av braxen har visat att de kan resuspendera fem gånger sin egen biomassa per dag (Persson 1997). För fåglar kan man anta att problemet är störst där det samlas mycket sjöfågel på vintern och under flyttningen. Även bottenlevande evertetrater kan röra upp stora mängder sediment från botten. Fiskar, fåglar och kreatur inverkar även indirekt på resuspensionen i och med att deras aktivitet påverkar täthet och sammansättning av växter. Kreaturs tramp kan medföra erosion av stränder vilket är viktigt att beakta vid planeringen av våtmarkens skötsel.

Flödes hastigheten har stor betydelse för hur mycket material som virvlas upp från botten. Resuspensionen motverkas om flödet kan hållas lugnt i våtmarken. Den största transporten av material sker under kortare höglödesperioder, främst under våren. Risken för utsköljning av sedimenterat material minskar om våtmarken kan expandera volymmässigt under dessa perioder.

Risken för utsköljning och erosion minskar om våtmarken är bevuxen, både under vattenytan samt på stränder och eventuella dammvallar. Utsköljningsrisken minskar om täta bestånd av övervattensväxter etableras vinkelrätt mot flödesriktningen och om en grund zon med övervattensvegetation etableras vid utloppsdelen.

Även vindhastigheten har betydelse för erosion och resuspension eftersom vågorna medför en ökad turbulens i vattnet. Vindskydd i form av träd och buskar kan minska vågornas inverkan på sedimentationen. Branta stränder riskerar att eroderas av vågor och vind. Dessutom försvåras etableringen av ett skyddande växttäckande av en allt för brant strand.

3.2.3.6 Mängden fosfor som kan avskiljas i våtmarker

Som nämnts ovan påverkas mängden fosfor som varaktigt kan läggas fast genom sedimentation både av biologiska, kemiska och fysikaliska faktorer. Med nuvarande kunskapsnivå är det svårt att kvantifiera sedimentationens långsiktiga betydelse för avskiljningen av fosfor i våtmarker. Man kan konstatera att våtmarkerna kan fungera både som källor och fällor för fosfor, beroende på en rad faktorer. Modellberäkningar tyder på att våtmarker som anlagts med jordbrukarstöd 1996-2002 i odlingslandskapet har en mycket liten effekt på avskiljningen av fosfor (Svensson m.fl. 2004). En orsak är troligen att fosforavskiljning endast i undantagsfall är våtmarkernas huvudsyfte.

De studier som gjorts av våtmarker som utformats med syfte att gynna sedimentationen tyder

dock på att det kan ske en mer betydande avskiljning av fosfor. Det är därför mycket viktigt att de faktorer som funnits vara positiva för fosforavskiljningen beaktas om syftet med våtmarken är fosforavskiljning. Det är även viktigt att mer kunskap tas fram om hur olika faktorer i våtmarkens tillrinningsområde samt våtmarkens utformning och skötsel inverkar på transport och fastläggning av fosfor.

I Norge har Braskerud (2001) studerat bl.a. sedimentation i sex våtmarker under 3-7 års tid. Genomsnittlig avskiljning i dessa studier var 45-75 % för jordpartiklar, 21-44 % för fosfor och 3-15 % för kväve. Braskeruds resultat kommer från relativt små våtmarker, mindre än 0,1 hektar, som i många fall utgör mindre än 0,1 % av tillrinningsområdets areal. Lerinnehållet i våtmarkernas tillrinningsområde var 6-33 procent. Våtmarkerna var konstruerade för att gynna sedimentationsprocessen, ofta genom att vattnet passerade fyra olika delar i våtmarken:

1. sedimentationsbassäng (ca 1 m djup) vid inloppet
2. vegetationsfilter (ca 0,5 m djupt)
3. överflödeszon med vegetation eller stenar (0-0,1 m djupt)
4. bassäng före utloppet (0,5-0,8 m djupt)

I Braskeruds studier var sedimentation den mest betydelsefulla processen även för retention av kväve. Retentionen av kväve minskade dock med tiden eftersom kvävet omvandlades till oorganisk form och fördes ut ur våtmarken (Braskerud 2002). Braskeruds studier visar på flera faktorer som har betydelse för sedimentationen. Man bör dock vara försiktig med att överföra resultaten vad gäller reningseffekten till svenska våtmarker. Det är stora skillnader i topografi och markförhållanden mellan svenska respektive norska jordbruksområden.

Uusi-Kämpää m.fl. (2000) har sammanställt resultaten från mätningar i 11 anlagda dammar och våtmarker i Sverige, Norge och Finland. Sedimentationen var omfattande i dessa dammar och våtmarker. Retentionen av fosfor var 17 procent i dammarna och 41 procent (20-1160 kg ha⁻¹ år⁻¹) i våtmarkerna.

I Braskeruds (2001) studier ökade avskiljningen både i absoluta och relativa tal med en högre avrinning, vilket förklarades med att det höga flödet ledde till erosion av en större andel stora partiklar och aggregat. Enligt Uusi-Kämpää m.fl. (2000) ökar retentionen av fosfor ju större våtmarken är i förhållande till tillrinningsområdets yta.

De kvalitetskriterier som speciellt gäller våtmarker vars syfte att avskilja fosfor genom sedimentation sammanfattas i avsnitt 6.3.4.

4 Placering av våtmarker för näringsretention

4.1 Sammanfattning och förslag

- Kriterierna för placering har delats in i makrokriterier (var i Sverige våtmarker bör placeras) och mikrokriterier (var i landskapet våtmarker bör placeras). Mikrokriterierna ska alltid beaktas vid anläggning av våtmarker med huvudsyftet näringsrening. Makronivån kan användas för att styra resurser (information, miljöersättningar, regional planering av våtmarker etc.) till sådana områden där våtmarker generellt sett gör störst nytta.
- Prioritering av områden och lägen för våtmarker bör göras utifrån den effekt som våtmarkerna kan ge på miljön som helhet. Samtliga vattenområden (öppna havet, skärgårdsområden, sjöar eller vattendrag) bör kunna utgöra en prioriterad recipient.
- De faktorer som har störst betydelse för prioriteringen av områden i Sverige för våtmarker som näringsfällor är belastningen av växtnäring från jordbruket, avståndet till recipienten och recipientens känslighet. Viktigt att beakta är även att våtmarker bör placeras där den naturliga självreningen (retentionen) är låg.
- I figur 6 (sid. 35) visas utredningens förslag på vilka områden som ska prioriteras när det gäller etablering av våtmarker för retention av växtnäring. Kartan är indelad i tre områden där område 1 prioriteras högst, område 2 näst högst och därefter område 3.
- Område 1 är viktigast för att nå miljömålet att minska utsläppen av kväve till havet. Eftersom utlakningen av kväve från jordbruksmark är störst i område 1 är det här som de största möjligheterna finns att få en stor effekt på havsmiljön som helhet. Område 2 som till stor del består av kustområden med lång uppehållstid för vattnet är viktigast utifrån syftet att skapa en god ekologisk status för de mest känsliga kustområdena. Inom område 3 finns i huvudsak jordbruksområden som avvattas till Vänern, Mälaren och Hjälmaren. De två senare sjöarna prioriteras främst för sjöarnas egen skull, medan avrinningsområden till Vänern ingår pga. påverkan på Västerhavet.
- Följande kriterier gäller för prioriteringen av sjöar:
 - Sjön eller en del av sjön ska ha en hög belastning av fosfor
 - Sjön ska vara negativt påverkad av eutrofiering orsakad av jordbruket
 - Andelen åker i sjöns tillrinningsområde bör vara minst 50 procent och ju högre andel åker desto högre prioritering
 - Om sjön används som vattentäkt eller är särskilt skyddsvärd av andra orsaker kan lägre krav (än vad som anges i föregående tre punkter) vara motiverade
- Vid prioritering mellan olika lägen för våtmarksanläggning kan man använda sig av s.k. kravkriterier, där vissa kriterier måste vara uppfyllda, och s.k. stödkriterier vilka kan användas för att väga olika lägen mot varandra.
- De kriterier som alltid ska beaktas vid anläggning av våtmarker för näringsretention är
 - Hög näringsbelastning
 - Hydraulisk belastning och vattnets uppehållstid i våtmarken
 - Avstånd och effekt på recipienten

- Näringsbelastningen kan bedömas utifrån följande egenskaper (kriterier) i våtmarkens tillrinningsområde
 - **Markanvändning:** Ju högre *andel åkermark* desto högre prioritet.
 - **Grödor:** Ju högre *andel* av åkermarken som odlas med *ettåriga grödor* desto högre prioritet.
 - **Djurhållning:** Ju högre *djurtäthet* (av lantbrukets djur) desto högre prioritet
 - **Jordarter:** Ju högre *andel lätta jordarter* desto högre prioritet
 - **Andra våtmarker:** Ju lägre *andel andra våtmarker* det finns i tillrinningsområdet desto högre prioritet
- Uppehållstiden bör avpassas utifrån vad som bedöms vara mest kostnadseffektivt i det enskilda fallet.
- Förutsatt att tillrinnande vatten i huvudsak kommer från åkermark och att vattnets uppehållstid i våtmarken bedöms vara rimlig utifrån kostnader, risk för utsköljning och att våtmarken även behöver ha en uppbromsande effekt på vattnet under högflöde, ska ett så stort tillrinningsområde som möjligt eftersträvas.
- Vid val av placering ges högst prioritet till våtmarkslägen med minst 50 hektars tillrinningsområde och minst 70 % åkermark inom tillrinningsområdet. Placering där andelen åkermark understiger 70 % av tillrinningsområdet kan vara motiverat om övriga faktorer tyder på en stor näringsutlakning.
- Sjöar kan avskilja en stor andel av de näringsämnen som tillförs. Våtmarker uppströms sjöar bör därför prioriteras lägre, såvida syftet inte är att skydda sjön i fråga.

4.2 Vilka vattenområden som våtmarker ska bidra till att skydda

Vid prioritering av var våtmarker ska placeras är det viktigt att veta vilken recipient som ska skyddas. En minskad näringsbelastning kan vara angelägen för såväl kust och hav som enskilda sjöar och vattendrag. Bedömningen av vilka områden och lägen för våtmarker som ska prioriteras bör göras utifrån den effekt som våtmarkerna kan ha på miljön som helhet. Samtliga vattenområden (havet, skärgårdsområden, sjöar eller vattendrag) bör därför kunna utgöra en prioriterad recipient.

4.2.1 Kust och hav

Lantbruket, dvs. produktionen av livsmedel, bidrar med omkring hälften av den svenska belastningen av kväve och fosfor på havet som orsakas av människan. Enligt miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* ska de vattenburna utsläppen av kväve från mänsklig verksamhet till havet söder om Ålands hav minska med minst 30 procent från 1995 års nivå till 38 500 ton. Ett huvudsakligt syfte med våtmarker för näringsretention är att bidra till att minska kvävebelastningen på havet i stort.

Kväve är i regel det begränsande ämnet i de öppna delarna av Östersjön, men i kustområden kan lokala kväveutsläpp göra att fosfor är begränsande ämne. Kvävebrist kan ge en konkurrensfördel för kvävefixerande blågröna alger, som vid blomningar kan vara giftiga (Elmgren och Larsson 1997). Målet bör därför vara att minska tillförseln av både kväve och fosfor till kust och hav.

Genom denitrifikation och fastläggning av fosfor i sedimenten kan kustområden, speciellt skärgårdsområden, fungera som fällor för kväve och fosfor för det vidare utflödet av näringsämnen till öppna havet. Skärgårdsområden fungerar därför som ett reningsverk för öppna havet. De näringsämnen som via vattendragen når kusten utgör en belastning både på kustområdet och på havet i stort. Strömmar och vind fördelar och sprider ut näringsämnena mellan olika vattenområden. Näringsämnen, speciellt fosfor, förs även in från havet till kusten.

Eutrofieringen i skärgårdsområden kan ge betydande ekologiska effekter. Förutom försämrad vattenkvalitet påverkas växter och djur. Med näringstillförseln förändras mängden och art sammansättningen av mikroalger, vilket kan ge effekter på hela näringskedjan. Detta medför en ökad sedimentation av döda mikroalger ökar vilket ökar mängden näringsämnen i sedimenten, vilket i sin tur kan leda till att näringsämnen avges till vattnet igen under lång tid framöver. Ökad nedbrytning av sedimenterat organiskt material kan även leda till syrebrist, speciellt om vattenutbytet är begränsat. Ett huvudsakligt syfte med att minska belastningen på havet är att minska utbredningen av syrefria bottenar. Enligt Elmgren och Larsson (1997) är det dock oftare vattenutbytet än graden av eutrofiering som avgör om botten djuren ska dö av syrebrist. Därför är vattenomsättningen i kustområdet en viktig faktor när man ska bestämma var våtmarker ska placeras. Det är i kust- och skärgårdsområden som den mesta rekreationen sker varför övergödning här blir påtaglig för många människor. Våtmarker som placeras i avrinningsområden till känsliga skärgårdsområden kan bidra till att skydda dessa miljöer.

4.2.2 Sjöar

Sjöar fungerar själva som näringsfällor och kan reducera en stor andel av de näringsämnen som tillförs sjön. Fosfor är nästan alltid det begränsande näringsämnet i sjöar och bedömningen av näringstillståndet i sjöar görs vanligen utifrån koncentrationen av totalfosfor (P) i sjön. Koncentrationer som överstiger 25 µg P/liter bedöms vanligtvis som höga och en sjö med mer fosfor än denna halt klassas som eutrof. Naturvårdsverket har gjort ett försök att ta fram en miljö kvalitetsnorm för fosfor i sjövattnet. Miljö kvalitetsnormen kan bland annat innebära att man fastställer gränser för halten av fosfor, under vilka faran för påtagliga olägenheter för miljön anses vara minimal (Naturvårdsverket 2003a). I rapporten *Svenska sjöar med höga fosforhalter* (Johansson och Persson 2001) listas 790 sjöar med totalfosforhalter över 25 µg/liter varav 52 sjöar har värden som överskrider 100 µg/liter, vilket anses vara extremt höga värden. Höga fosforhalter återfinns ofta i små, grunda sjöar. De mest eutrofa och eutrofierade sjöarna är belägna i slättlandskapen och sannolikt är en stor andel av dessa sjöar eutrofierade genom människans påverkan.

Näringstillståndet varierar naturligt mellan sjöar. Effekterna av höga näringshalter i sjön påverkas även av andra faktorer, som sjöns morfometri (area, djup) och omsättningstid. Därför kan inte fosforhalten ensamt användas för att bedöma vilka sjöar som är mest angelägna för retention av fosfor. I vissa sjöar sker även en intern frigörelse av fosfor från sediment pga. tidigare hög belastning.

Det är endast motiverat med åtgärder för att minska näringstillförseln till sjöar med övergödningssproblem som är orsakade av människan. Eftersom det är odlingslandskapets våtmarker som behandlas i denna rapport är det även en förutsättning att den näringstillförsel som är orsak till övergödningen av sjön till större delen måste komma från jordbruket. Sjöar som används som vattentäkt eller anses som särskilt skyddsvärda av andra orsaker bör prioriteras särskilt.

4.3 Makronivå – våtmarkernas placering i Sverige

Det är angeläget att peka ut områden i Sverige där våtmarker för retention av växtnäring förväntas göra störst nytta. Den viktigaste förutsättningen för en effektiv retention av växtnäring är att våtmarken har en hög belastning och koncentration av kväve eller fosfor. Det är även viktigt att våtmarkerna placeras där den naturliga retentionen i mark, sjöar och vattendrag är låg i förhållande till det vatten man vill skydda.

Även om våtmarkerna placeras i områden nära recipienten inom ett prioriterat område kan det vara helt avgörande var i landskapet våtmarken placeras för att den ska ha en stor effekt på retentionen. I denna rapport skiljer vi därför på våtmarkernas placering på makro- respektive mikronivå. Med *makronivå* menas de geografiska områden i Sverige som bör prioriteras för våtmarker för retention av växtnäring. Med *mikronivå* avses de platser i den lokala geografien där våtmarker kan fånga upp stora mängder näringsriktigt vatten från i huvudsak jordbruksmark.

Prioriteringen på makronivå görs utifrån syftet att skydda kust och hav samt de stora sjöar som ingår i det känsliga området enligt nitratdirektivet (Mälaren, Hjälmaren). Eftersom avrinningen från Väneren påtagligt påverkar Västerhavet föreslås även att delar av tillrinningsområdet till Väneren skall ingå i det prioriterade området. Även utanför det område som prioriteras på makronivå, kan det vara aktuellt med anläggning av våtmarker för rening av växtnäring, förutsatt att tillräckliga kunskaper finns om det aktuella avrinningsområdet och sjöns näringsstatus. I denna rapport pekar vi inte ut vilka sjöar som bör prioriteras utan anser att detta bör avgöras på regional nivå eller i varje enskilt fall, t.ex. då en ansökan om stöd för våtmarksanläggning kommer in till länsstyrelsen.

4.3.1 Gemensamt prioriteringsområde för kväve och fosfor

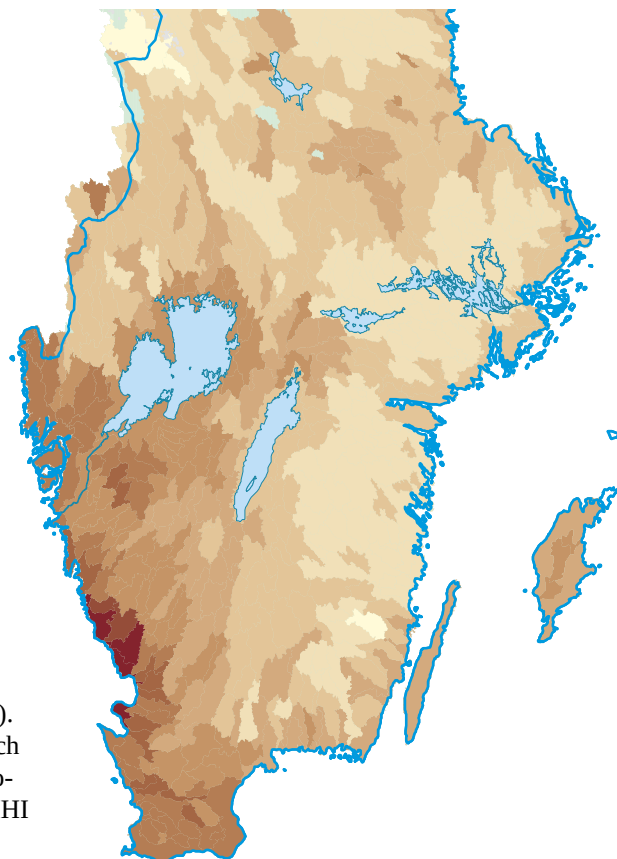
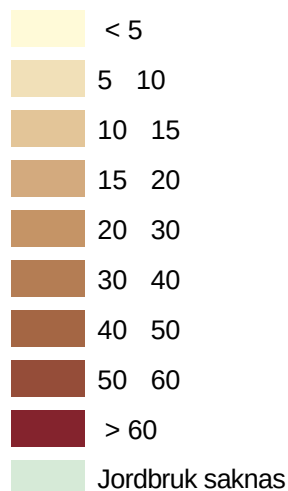
Utredningen anser det inte vara relevant att särskilja olika regioner där våtmarker framför allt ska syfta till att avskilja fosfor eller kväve, utan istället bör total näringsbelastning reduceras i de utpekade områdena.

Kväve är oftast tillväxtbegränsande näringsämne i havsmiljöer. Dock är algutväxten i Östersjön, framför allt i kustområdena, åtminstone periodvis begränsad av fosfor. Fosfor/kväveknoten i Östersjöns vatten varierar i tid och rum och förhållanden i den enskilda recipienten kan vara vägledande för våtmarkens syfte (N eller P). I kvävebegränsade områden kan vissa blågröna alger få en konkurrensfördel eftersom de kan försörja sig på kvävgas som är löst i vattnet (Elmgren och Larsson 1997). Blomningar av sådana alger kan vara giftiga, varför det är angeläget att begränsa både kväve- och fosfortillförseln till sådana områden.

För både Östersjöns och Västerhavets del är det motiverat att beakta den totala näringsbelastningen för prioriteringen på makronivå. Som nämnts är haven runt Sverige huvudsakligen kvävebegränsade och inlandsvattnen (sjöar) oftast fosforbegränsade. Med bra placering och utformning fungerar våtmarker som näringsfällor både för kväve och fosfor. Retentionen av kväve och fosfor är beroende av i stort sett samma kvalitetskriterier för placering och utformning, även om den relativa betydelsen av de verkamma processerna skiljer sig åt. När det gäller utformning och placering av våtmarker på regional/lokal nivå finns dock vissa faktorer som bör beaktas om huvudsyftet är fosforretention (se avsnitt 6.3.4).

N jordbruksmark

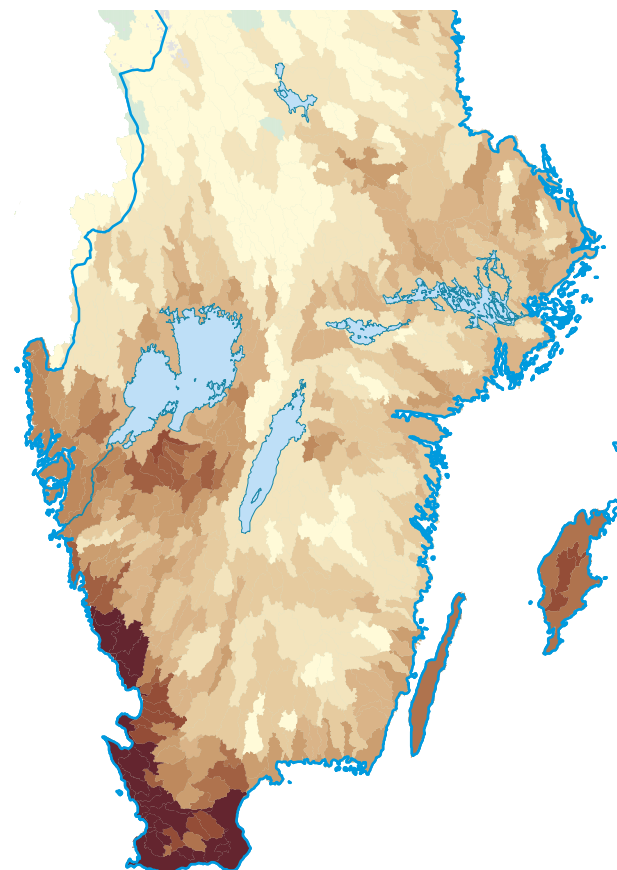
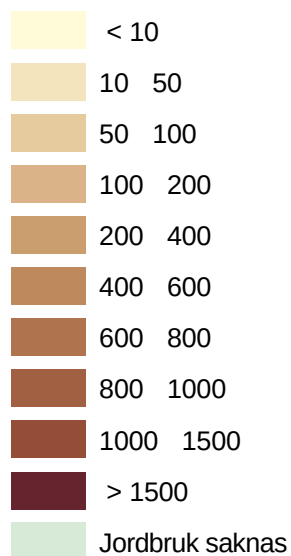
Arealförlust, brutto
kg/ha åker och bete, år



Figur 1: Bruttoutlakning (kg N/hektar jordbruksmark). Utlakning i kg totalkväve per hektar jordbruksmark och år utan retention. Period 1985 – 1999. Källa: TRK projektet, på uppdrag av Naturvårdsverket, SLU och SMHI i samverkan.

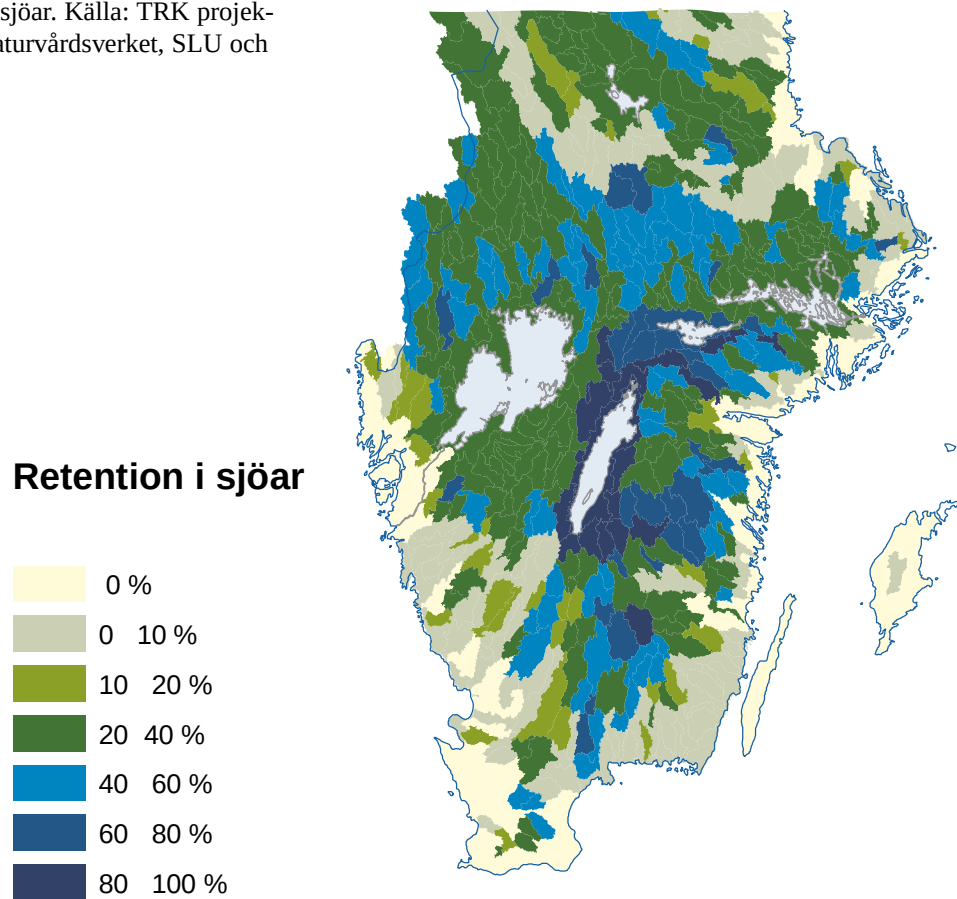
N jordbruksmark

Netto till havet
kg/km² totalyta, år



Figur 2: Nettoutlakning (kg N / km² totalyta). Utlakning från jordbruksmark i kg totalkväve/ km² totalyta och år per TRK-område med beaktande av naturlig självrening (retention) i mark och vatten. Period 1985 –1999. Källa: TRK projektet, på uppdrag av Naturvårdsverket, SLU och SMHI i samverkan.

Figur 3: Retention i sjöar. Källa: TRK projektet, på uppdrag av Naturvårdsverket, SLU och SMHI i samverkan.



Figur 4: Vattenomsättningsklassning av havsområden. Medelvattenutbytestiden är 0–9 dygn (Klass I), 1039 dygn (Klass II) och >40 dygn (klass III). Kartan är gjord utifrån av material från Naturvårdsverket (1999).

4.3.2 Vad är viktigt för prioritering av områden?

Följande faktorer har störst betydelse för prioriteringen av områden i Sverige för anläggning och restaurering av våtmarker med näringsretention som huvudsyfte.

- **Belastning och koncentration av kväve och fosfor:** Bruttoutlakning (figur 1) samt halterna av fosfor och kväve i jordbruksdominerade vattendrag (tabell 2) ger en bild av var våtmarker bedöms kunna avskilja stora mängder näringsämnen.
- **Avstånd till recipienten och retention i mark, vattendrag och sjöar:** Det är mest angeläget att anlägga våtmarker där den naturliga självreningen (retentionen) i mark och vatten är låg. Prioritering sker därför av områden nära det vatten som ska skyddas. Nettoutlakningen av kväve från jordbruksmark till havet, dvs. hur mycket kväve från jordbruket som, med hänsyn taget till retention, når havet visas i figur 2. Retentionen i sjöar visas i figur 3, vilket även speglar retention i mark och vattendrag.
- **Recipientens känslighet:** I figur 4 visas omsättningstiden för vatten i kustområden, vilket ger en bild av vilka kustområden som är mest känsliga för hög näringsbelastning.

4.3.3 Material som har använts för prioriteringen av områden

Följande källor har använts för prioriteringen av områden. Kartorna är framtagna efter modellberäkningar som innehåller vissa antaganden och uppskattningar, men i stort bedöms kartorna spegla förhållandena tämligen väl.

4.3.3.1 Jordbrukets bruttoutlakning av kväve

Kartan över bruttoutlakning (figur 1) visar rotzonsutlakningen, dvs. den mängd kväve som utlakas från jordbruksmarken genom rotzonen och inte längre kan tas upp av växter. Bruttoutlakningen beräknas utifrån areal jordbruksmark, fördelning av grödor, jordart samt medelavrinning av vatten. Gödsling och utlakning skiljer sig generellt sett för olika grödor, vilket har beaktats vid beräkningen. Medelavrinningen bestäms av nederbörd och lufttemperatur. Beräkningen har gjorts för olika delavrinningsområden.

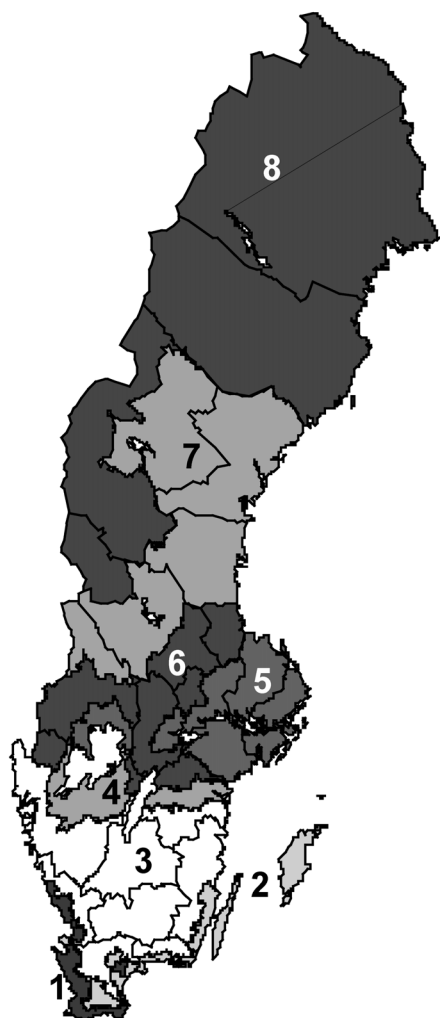
4.3.3.2 Kväve- och fosforhalt i avrinnande vatten

Inom det regionala miljöövervakningsprogrammet ”Typområden på jordbruksmark” beräknas bl.a. medelvärden för totalkväve och totalfosfor i vattendrag inom olika produktionsområden (tabell 2). Beräkningarna är gjorda utifrån mätningar av vattenkvalitet i vattendrag samt inventering av markanvändning och odlingsåtgärder. I figur 5 visas de produktionsområden för vilka medelvärden anges i tabell 2. Från mindre avrinningsområden utan nämnvärd retention kan kvävehalten vara högre.

Ju högre halt av kväve eller fosfor i det vatten som kommer in i våtmarken desto mer kväve eller fosfor kan avskiljas. Oavsett vilket produktionsområde man befinner sig i beror halten kväve och fosfor i inkommande vatten främst på var i landskapet våtmarkerna placeras. Tabell 2 visar genomsnitt utifrån representativa jordbruksbäckar, varför tabellen ger en generell bild av möjligheten att finna lämpliga platser för våtmarker som näringsfällor i olika områden.

Tabell 2: Långtidsmedelvärden från mätningar i vattendrag inom olika produktionsområden (Carlsson m.fl. 2002) och beräkningar från Johnsson och Mårtensson (2002).

Produktionsområde		Mätningar (mg/l)		Beräkningar (mg/l)
		Totalkväve	Totalfosfor	Totalkväve
1	Götalands södra slättbygder	9,6	0,12	5,4
2	Götalands mellanbygder	8,4	0,10	
3	Götalands skogsbygder	3,7	0,10	
4	Götalands norra slättbygder	6,3	0,17	
5	Svealands slättbygder			
5-6	Svealands skogs- och slättbygder	3,9	0,15	
7-8	Nedre och övre Norrland	1,9	0,09	
Medel hela Sverige		5,6	0,12	



Figur 5: SCB:s produktionsområden

Av tabell 2 framgår att halterna av kväve är förhållandevis höga i vattendrag i Götalands slätt- och mellanbygder. Götalands södra slättbygder har högre halter än de norra slättbygderna. Även beräkningar av Johnsson och Mårtensson (2002) visar att halten kväve i avrinningsvattnen är höga på Öland och Gotland. Enligt deras beräkningar var kvävehalten i Svealands slättbygder omkring hälften av halten i Götalands södra slätt- och mellanbygder.

4.3.3.3 Jordbrukets nettoutlakning av kväve

Figur 2, som visar jordbrukets nettoutlakning av kväve till havet, är framtagen på samma sätt som kartan över bruttoutlakning (figur 1), fast med avdrag för retention. Jämfört med kartan över bruttoutlakning ger nettokartan en starkare färgsignal närmare havet jämfört med områden längre in i landet. Våtmarker för näringsretention bör placeras i områden där de har störst effekt på det vatten de avser att skydda. Eftersom ett av huvudsyftena med våtmarkerna är att minska belastningen på havet är kartan över nettoutlakning viktig att beakta. För fosfor saknas beräkningar av nettoutlakning.

4.3.3.4 Retention i sjöar

I figur 3 visas en karta över retention i sjöar. Eftersom sjöarna utgör en stor del av den totala retentionen speglar kartan relativt väl den totala retention som sker i sjöar, mark och vattendrag. Kartan används som ett komplement till jordbrukets nettoutlakning av kväve till havet. Områden med liten retention i sjöar (sjöfattiga områden) prioriteras högre för anläggning av våtmarker för retention av växtnäring.

4.3.3.5 Omsättningstiden för vatten i kustområden

Figur 4 är sammansatt av material från Naturvårdsverkets rapport 4914 (Naturvårdsverket 1999b) och visar en indelning av havet efter vattenomsättningsklasser.

Många faktorer har betydelse för vattenkvaliteten. Vattenomsättningstiden är en av de faktorer som påverkar de ekologiska effekterna av näringstillförsel till kustområden. Vattenomsättningstiden ger dock en bra bild över vilka kustområden som är mest känsliga för hög näringsbelastning.

De områden som har en medelomsättningstid på över 40 dygn bedöms vara särskilt angelägna för åtgärder för att minska övergödningen. Även inom områden med vattenomsättningsklass II (medelvattenutbytestid 10-40 dygn) bedöms näringstillförseln ge negativa effekter på ekologi och vattenkvalitet, även om klass II rimligtvis omfattar en stor spridning mellan mycket känsliga och mindre känsliga områden.

4.3.3.6 Behov av kväve- och fosforretention i Götaland respektive Svealand

I Jordbruksverkets rapport "Sektorsmål och åtgärdsprogram för reduktion av växtnäringsförluster från jordbruket" (Jordbruksverket 2000) lämnas förslag till hur belastningen av kväve från jordbruket på havet ska kunna begränsas till en långsiktigt godtagbar nivå. För fosfor är målsättningen att jordbrukets förluster av fosfor till sjöar och vattendrag ska fortsätta att minska.

Flertalet förslag i rapporten avser åtgärder på den egentliga åkermarken, men för att nå det uppsatta reduktionsbehovet, föreslås också att våtmarker ska anläggas. I rapporten anges att reduktionsbehovet för kväve genom anläggning av våtmarker är 2 100 ton fram till år 2020, varav 1 200 ton i Skåne, Blekinge och Halland och 900 ton i övriga Götaland och Svealand. Uppfattningarna om möjlig kvävereningseffekt i en våtmark varierar inom vida gränser, bl a

beroende på lokalisering och utformning. Det kan röra sig från några 10-tal kilo till minst 1 000 kilo kväve per hektar och år. Vid skattningen av den våtmarksareal som behöver anläggas har antagits att reningseffekten uppgår till i medeltal 200 kg N ha⁻¹ år⁻¹ för våtmarker i Skåne, Blekinge och Halland och till 150 kg N ha⁻¹ år⁻¹ för våtmarker i övriga Götaland och i Svealand. Behovet av våtmark uppgår således till 6 000 hektar i Skåne, Blekinge och Halland och 6 000 hektar i övriga Götaland och Svealand.

Enligt modellberäkningar gjorda av Våtmarkscentrum (Svensson m.fl. 2004) avskiljer våtmarker som anlagts inom miljö- och landsbygdsprogrammet i genomsnitt 100 kg N och 1 kg P per hektar och år. Många av våtmarkerna har visserligen inte anlagts med näringsretention som huvudsyfte, men en huvudsaklig orsak till att retentionen i genomsnitt inte blivit högre är att många våtmarkers tillrinningsområde är relativt litet (medianvärde 52 hektar). Retentionen i enstaka våtmarker beräknades vara 1 000 kg N per hektar vilket ger ett riktvärde för våtmarker med riktigt bra placering och utformning för näringsretention. Resultaten visar att åtgärder behöver vidtas framför allt för att förbättra våtmarkernas placering, men även deras utformning och skötsel. Det kan även innebära att större våtmarksareal de 12 000 hektar kan behövas för att uppnå målen för minskat kväveläckage till havet.

4.3.4 Utredningens förslag på prioriterat område

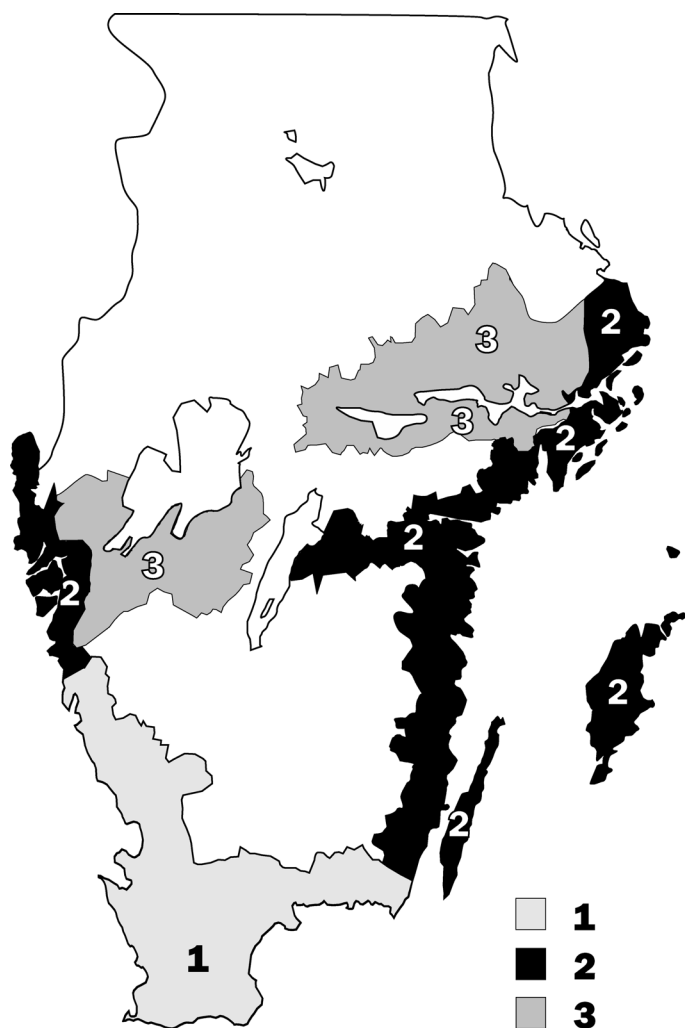
Vid prioritering av områden på makronivå har det betydelse om man väljer att prioritera ett litet område där våtmarkerna förväntas ha allra störst effekt för att minska näringsbelastningen på havet eller ett större område, inom vilket våtmarker i genomsnitt bedöms ha något lägre effekt för havsmiljön. Vägledande bör vara vilken strategi som ger störst möjlighet att uppfylla de nationella mål som finns för anläggning av våtmarker och minskad övergödning.

Fördelen med ett litet område är att det pekar ut var resurserna bör satsas i första hand, t.ex. om man ska välja ett par avrinningsområden för planering av våtmarker, uppsökande verksamhet, inköp av mark för anläggning av våtmarker etc. Ett stort prioriterat område hindrar dock inte att mindre områden väljs ut för särskilda åtgärder.

Fördelen med ett stort område är att det möjliggör arbete på bred front, dvs. att hela det område där våtmarker kan ge ett betydande bidrag till att minska näringstillförseln till havet ingår. Resurserna för våtmarksanläggning är dock begränsade. Därför är det viktigt att även peka ut vilka delar av det prioriterade området som har allra högst prioritet. Utredningen har därför valt att prioritera ett relativt stort område för våtmarker och i detta område ange en prioriteringsordning.

Utredningens förslag på prioriterade områden framgår av figur 6. De yttre gränserna för det prioriterade området överensstämmer med det känsliga området för kväveföroreningar som pekats ut inom nitratdirektivet¹. För att styra anläggningen av våtmarker till kustnära områden har vi i denna rapport strävat efter en snävare geografisk avgränsning än nitratdirektivets, men efter att ha beaktat det underlag som presenteras i avsnitt 4.3.3 blev dock skillnaden i förhållande till nitratdirektivet marginell, varför vi av praktiska skäl har valt samma yttre avgränsning som nitratdirektivets känsliga område. Prioriteringen har skett utifrån bedömningen att våtmarker i dessa områden kan ha en betydande effekt för havet, respektive Mälaren och Hjälmaren. Utöver denna vägledning kan underlaget i denna rapport användas för ytterligare prioritering av enskilda avrinningsområden. Det prioriterade området har delats i tre områden där område 1 prioriteras högst, område 2 näst högst och därefter område 3.

¹ Rådets direktiv 91/767/EEG om skydd mot att vatten förorenas av nitrater från jordbruket



Figur 6: Prioritetsområden för våtmarker med näringsretention som huvudsyfte.

De **yttre gränserna** för det prioriterade området överensstämmer med de administrativa gränser (län, kommuner och församlingar) för det känsliga område som pekats ut inom nitratdirektivet och som anges i Jordbruksverkets föreskrifter (SJVFS 1999:79) om miljöhänsyn i jordbruket.

Gränsen mellan område 1 och 2 utgörs av länsgränsen mellan Blekinge och Kalmar län samt mellan Hallands och Västra Götalands län. I Mälardalen utgör huvudavrinningsområde 61 gräns mellan område 2 och 3. Avrinningsområden till Östersjön ingår i prioriteringsområde 2 medan avrinningsområden till Mälaren och Hjälmaren ingår i område 3. Vid Göta älv avgränsas område 2 och 3 av kommungränser där följande kommuner ingår i område 2: Munkedal, Uddevalla, Stenungsund, Kungälv och Göteborg.

4.3.5 Motivering till utredningens förslag

Den grundläggande tanken bakom förslaget är att våtmarker ska prioriteras i områden med hög belastning av näringsämnen från jordbruket och där de kan ge en positiv effekt för det vatten som ska skyddas. Belastningen av näringsämnen till havet ska minska. Samtidigt ska särskild hänsyn tas till känsliga kustområden med lång uppehållstid för vattnet. Enligt Jordbruksverkets beräkningar minskade utsläppen av kväve från jordbruket till havet med i medeltal 26 procent mellan 1985-1995 i områden som avvattnas från norska gränsen till i höjd med Ålands hav, men bara med ca 17 procent inom Skåne och Hallands län (Jordbruksverket 2000). Det största reduktionsbetinget för kvävetransport till havet ligger på de tre sydligaste länen om det skall vara möjligt att nå uppsatta mål.

Av figur 1 framgår att utlakningen av kväve från jordbruksmark är större i västra delen av södra Sverige jämfört med den östra delen. Bruttoutlakningen är störst i Götalands södra och

västra del. Med hänsyn tagen till retentionen (figur 2) framgår att utlakningen av kväve till havet är störst i delar av Skåne och Halland. Dessa områden har även höga halter av kväve i vattendragen (tabell 2). Med hänsyn tagen till retentionen (figur 2 och 3) är belastningen på havet förhållandevis stor även på Öland och Gotland.

Eftersom både utlakningen och halterna av kväve i jordbruksåar är störst i område 1 är möjligheten att få stor retention av kväve i våtmarker generellt sett störst inom detta område. I södra Sverige gynnas kväveretentionen dessutom av att en förhållandevis stor del av årsavrinningen sker under sommaren (Wittgren m.fl 2002). Jordbruksverket har även skisserat mer långtgående reduktionsbehov av kvävebelastningen på havet runt de sydligaste delarna av Sverige än vad som ligger till grund för förslaget att 12 000 hektar våtmarker ska anläggas (Jordbruksverket 2000). Den åtgärd som indirekt förordas är anläggning av våtmarker. För att i en situation med begränsade resurser säkerställa att våtmarksanläggning kommer till stånd i den omfattning som huvudalternativet anger, dvs. 6 000 hektar i de tre sydligaste länen, har område 1 getts högre prioritet än område 2 med avseende på kväverening i våtmarker.

De känsligaste kustområdena återfinns i Bohuslän, i Blekinge skärgård samt i stora delar av östkusten. De mest påtagliga effekterna av övergödningen påvisas i områden med lång uppehållstid. Dessa skärgårdsområden är mycket betydelsefulla för de ekologiska funktionerna. Många organismer reproducerar sig i kustnära områden eller är på annat sätt beroende av dessa för sin överlevnad. Även människan lever i skärgårdsområden eller nyttjar dem för rekreation. Genom att göra insatser för att minska näringstillförseln till skärgårdsområden uppnås två mål eftersom det samtidigt minskar den totala belastningen på havet. Östersjön är, på grund av det begränsade vattenutbytet, generellt sett känsligare än Västerhavet. Detta sammantaget ger en hög prioritet (prioritet 2) för Östersjöns kustområden.

Koncentrationerna av fosfor i vattendrag följer inte samma mönster som för kväve. Halten fosfor är något högre i Götalands norra och Svealands slättbygder än i södra Sverige. Detta hänger samman med att andelen lerjordar är större i norra Götaland och Mälardalen. Eftersom fosfor kan vara det begränsande näringsämnet i kustområden indikerar detta att våtmarkers funktion för avskiljning fosfor blir extra viktig inom område 2.

I nitratdirektivets känsliga område ingår, förutom kustområden, områden som rinner till Vänern, Mälaren och Hjälmaren. Områden med stor andel jordbruksmark som rinner till dessa sjöar prioriteras för anläggning av våtmarker (prioriteringsområde 3) eftersom dessa sjöar, åtminstone lokalt, påverkas negativt av en hög näringsbelastning. Mälaren är dessutom en viktig vattentäkt samtidigt som en minskad belastning på Mälaren även kan ha en liten men viss betydelse för näringstillförseln till Stockholms skärgård. Kartan över nettoutlakning av kväve (figur 2) indikerar även att en reduktion av belastningen på södra Vänern har betydelse för flödet till Västerhavet.

De föreslagna områdena är lämpliga som utgångspunkt i genomförandet av Jordbruksverkets förslag (Jordbruksverket 2000) att 6 000 hektar våtmark ska anläggas i de tre sydligaste länen och 6 000 hektar i övriga Götaland och Svealand. Även ambitionen att våtmarkerna ska reducera 1 200 (Skåne, Blekinge och Halland) respektive 900 (övriga Götaland och Svealand) ton kväve är rimligt i utifrån de prioriterade områdena.

I förslaget på prioriterat område beaktas inte att kostnaden (markens alternativvärde, anläggningskostnader) kan variera mellan olika regioner. Kostnadsaspekten behandlas i avsnitt 4.5 (se även 2.6.9). Vid prioritering mellan olika områden eller lägen för våtmarker bör man även beakta andra åtgärder som vidtas för att minska problemen med växtnäringsläckage inom avrinningsområdet. När EU:s ramdirektiv för vatten, 2000/60/EG (Vattendirektivet), genomförs fullt ut i Sverige kommer man att arbeta utifrån avrinningsområdesvisa reduktionsmål, där våtmarker kan vara en åtgärd för att begränsa näringstillförseln till recipienten.

4.4 Mikronivån – våtmarkernas placering i landskapet

Vid planering av våtmarker är det första steget att klart formulera ett syfte med våtmarken. För våtmarker med näringsretention som huvudsyfte kan det vara viktigt att bestämma om det är retention av kväve eller fosfor som är det huvudsakliga målet (se avsnitt 6.3.4). Syftet med våtmarken påverkar till viss del både placering och utformning. Dock är det så att en bra placerad och rätt utformad våtmark fungerar som näringsfälla för både kväve och fosfor.

Placeringen i landskapet har en avgörande betydelse för våtmarkers retention av växtnäring. Vid prioritering mellan olika lägen för våtmarker eller vid planering på lokal nivå av var våtmarker bör placeras kan man använda sig av ett antal kriterier. Vissa kriterier, s.k. kravkriterier, ska alltid vara uppfyllda för att en våtmarksanläggning ska vara aktuell, medan andra kriterier kan användas för att väga olika lägen mot varandra. Tre faktorer är särskilt betydelsefulla för våtmarkers näringsretention:

- Belastning av näringsämnen
- Hydraulisk belastning och vattnets uppehållstid i våtmarken
- Avstånd till recipienten

Dessa faktorer ska alltid beaktas vid prioritering av våtmarker för näringsretention. För att bedöma belastning, medeluppehållstid och hydraulisk belastning behöver våtmarkens tillrinningsområde studeras, vilket beskrivs nedan.

4.4.1 Näringsbelastning, hydraulisk belastning och uppehållstid

Belastningen av näringsämnen är ett mått på hur många ton (eller kilo) av kväve och fosfor som transporteras in i våtmarken och är oftast uttryckt på årsbasis och per ytenhet ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$). Flera undersökningar har väl dokumenterat ett tydligt positivt samband mellan belastning och retention, dvs. att ju högre belastning en våtmark har desto mer näringsämnen avskiljs. Belastningen av näringsämnen bestäms av den *hydrauliska belastningen*, dvs. mängden vatten som kommer in i våtmarken per tidsenhet ($\text{m}^3 \text{år}^{-1}$), och *koncentrationen* (mg l^{-1}) av näringsämnen i inkommande vatten. Det blir snabbt en högre avskiljning (i kilo) om koncentrationen stiger i invattnet och alla andra faktorer är lika. Detta innebär att våtmarker för näringsretention bör placeras där tillräckligt stora vattenflöden med höga koncentrationer av kväve och fosfor är tillgängliga. Större stamledningar, kulvertar eller öppna diken i intensivt odlad jordbruksbygd är därför högprioriterade våtmarkslägen. Säkrast underlag för prioritering av våtmarkslägen är mätdata över kväve- och fosforkoncentrationerna i vattnet samt vattenflödet. Sådana data är dock sällan tillgängliga. Ett mer realistiskt alternativ är att använda sig av faktorer som är enklare att uppskatta eller ta reda på, och som har direkt samband med belastning och koncentration av näringsämnen i vattnet.

Den hydrauliska belastningen bestäms till stor del av *tillrinningsområdets storlek*. Ju större tillrinningsområde desto mer näringsämnen kan transporteras till våtmarken. Det är dock viktigt att inse att det är belastningen och koncentrationen av näringsämnen som är av störst betydelse för retentionen och att en låg näringsbelastning inte kan kompenseras med en hög hydraulisk belastning av vatten med låg näringskoncentration.

Med hänsyn till kostnadseffektiviteten bör riktvärdet vara att medelhalten av kväve i inkommande vatten ska vara minst 5 mg N/l för att anläggning av en våtmark för kväveretention ska vara motiverad. Utlakningen av kväve och fosfor är generellt sett större från åkermark jämfört med betesmark och skog. Studier har visat att *andelen åkermark* generellt sett bör vara minst 70 procent för att få medelhalter på 5 mg N/l i vattnet (Kyllmar och Johnsson 1998, Svensson m.fl. 2004). På intensivt odlad åkermark med lätt jord överstiger halten kväve i vattnet som

lämnar rotzonen i många områden 10 mg N/l. Om kvävehalten är 10 mg N/l från åkermark måste således minst 50 procent av tillrinningsområdet vara åkermark för att medelhalten i vattnet ska uppgå till 5 mg N/l, förutsatt att utlakningen från annan mark är försumbar.

Belastning och koncentration av kväve påverkas också av *djurtätheten* (lantbrukets djur), *andelen ettåriga grödor* samt av *andelen lätta jordar* i våtmarkens tillrinningsområde. Hög djurtäthet medför högre tillförsel av stallgödsel och därmed mer organiskt kväve som kan frigöras under årstider då växtligheten inte kan ta upp någon växtnäring. Hög andel ettåriga grödor innebär att jordbearbetning sker varje år. Därmed ökar kvävefrigörelsen och risken för kväveutlakning. I Naturvårdsverkets rapport 5248 redovisar Johnsson & Mårtensson (2002) modellberäkningar som visar en betydligt större utlakning för ettåriga grödor jämfört med vall.

Det är allmänt känt att kväveutlakningen är högre på lätta jordar än på lerjordar under i övrigt likartade förhållanden. Detta bekräftas av Johnsson & Mårtensson (2002). Andelen lättjord är således en betydelsefull faktor att beakta då våtmarkslägen ska bestämmas. Dock är det svårare att anlägga våtmarker på lerfattiga jordar eftersom vallar och botten lätt blir otäta. Stora extrakostnader kan tillkomma om man behöver transportera täta jordarter (lera) till anläggningen. Jordarten har även betydelse för möjligheten att etablera effektiva fosforfällor. Sambandet mellan jordart och möjlighet till retention i våtmarker är dock mer komplicerat för fosfor än för kväve (se avsnitt 3.2.3).

Utöver en hög näringsbelastningen behöver man se till att våtmarken kan göras så stor att det även vid höga flöden sker en uppbromsning av vattnet i våtmarken. Detta för att reningsprocesserna ska få tid att verka. Vattnets uppehållstid i våtmarken kan teoretiskt beräknas genom kvoten av våtmarkens volym (m^3) och flödet till våtmarken ($m^3 \text{ dag}^{-1}$), och mäts vanligtvis i dygn (men kan även vara veckor, år eller timmar). I praktiken är uppehållstiden ofta betydligt kortare pga. kanalbildningar och zoner i våtmarken där vattnet nästan står stilla. Ju längre uppehållstid vattnet har i våtmarken desto större andel (i procent) av näringsämnen kan avskiljas. Vid val av placering av en våtmark är dock retentionen av näringsämnen i absoluta tal (kilo per hektar våtmark och år) viktigare att beakta än en lång uppehållstid för vattnet.

Variationen i flöde är mycket stor över året vilket gör att uppehållstiden i samma våtmark kan variera mellan några få timmar (vid högt flöde) till flera veckor (vid lågt flöde) under ett år. Vid höga flöden kan vattnet transporteras mycket snabbt genom våtmarken, vilket kan leda till att stora mängder sediment och fastlagda näringsämnen transporteras ut ur våtmarken. Dessutom kan befintliga bakteriefilmer på sediment och växtmaterial spolats bort vilket försämrar retentionen även efter utsköljningen. Det är dock inte klarlagt hur utsköljningstillfällen påverkar våtmarkens totala retention under en längre period. För att undvika utsköljning av sedimenterat material behöver våtmarken dimensioneras efter flödestopparna. Att dimensionera för stora flöden kan dock vara förenat med stora kostnader och är därför inte alltid kostnadseffektivt.

En hög hydraulisk belastning ger en kort uppehållstid för vattnet i våtmarken. Om man vill öka uppehållstiden i en våtmark på en given plats kan man anlägga den djupare eller större. Dock är det så att även om ett ökat djup på en given yta ökar uppehållstiden så kan slutresultatet bli sämre kväveretention (Tonderski m.fl. 2002), framför allt beroende på att processerna för näringsretention påverkas av djupet och att växternas utbredning är starkt djupberoende.

Enligt Arheimer och Wittgren (2002) bör medeluppehållstiden vara minst två dygn för våtmarker som belastas med naturligt varierande vattenflöde eftersom det är osäkert om våtmarker med korta uppehållstider fungerar som källor eller fällor för kväve. Studier av Ekologgruppen i Landskrona (Ekologgruppen 2003), där tre våtmarker följts upp under 4-9 års tid, tyder dock på att retentionen kan vara mycket hög i våtmarker med en medeluppehållstid under 2 dygn. För den våtmark i Ekologgruppens studie som hade högst ytspecifik retention var medeluppehållstiden 0,6 dygn. Det är därför svårt att ange en nedre gräns för uppehållstiden

som ska gälla alla våtmarker. Vid prioritering av våtmarkslägen är det dock viktigt att bedöma möjligheten att anlägga en tillräckligt stor våtmark på den aktuella platsen. För att våtmarken ska ha en uppbromsande effekt på vattnet även under högflödesperioder kan den inte vara för liten i förhållande till tillflödet. Enligt en sammanställning av Puustinen och Koskiaho (2003) bör våtmarker utgöra minst 2 % av tillrinningsområdets area för få en retention på minst 20 procent för kväve och fosfor. Att eftersträva en relativ retention på 20 procent för odlingslandskapets våtmarker behöver dock inte innebära att våtmarkerna blir mest kostnadseffektiva. Braskerud (2001) och Ekologgruppen (2003) har visat att retentionen av såväl kväve som fosfor kan vara mycket hög i våtmarker som endast utgör 0,1 procent av tillrinningsområdet. I deras undersökningar var den absoluta retentionen ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$) störst i de våtmarker som hade högst hydraulisk belastning och därmed även högst näringsbelastning.

Kvalitetskriterierna för *näringsbelastning*, *hydraulisk belastning* och *uppehållstid* kan sammanfattas enligt följande:

- Ju längre uppehållstid vattnet har i våtmarken desto större andel (i procent) av näringsämnena kan avskiljas. Vid val av placering av en våtmark är dock retentionen av näringsämnen i absoluta tal (kg N och/eller P per våtmarksyta och år) viktigare att beakta än en lång uppehållstid för vattnet. Givet att platsen för en våtmark är bestämd bör en så lång uppehållstid som är möjligt eftersträvas, under förutsättning att tillkommande kostnader är rimliga (kostnadseffektivitet). Stillastående vatten ska dock undvikas eftersom det kan leda till syrebrist och risk för frisättning av fosfor från sedimentet.
- Förutsatt att tillrinnande vatten i huvudsak kommer från åkermark och att vattnets uppehållstid i våtmarken bedöms vara rimlig utifrån kostnader, risk för utsköljning och att våtmarken även behöver ha en uppbromsande effekt på vattnet under högflöde, ska ett så stort tillrinningsområde som möjligt eftersträvas. Tillrinningsområdet får gärna överstiga 150 hektar och bör minst omfatta 50 hektar med hänsyn till kostnadseffektiviteten. Är näringsbelastningen särskilt hög, kan dock mindre tillrinningsområden godtas.
- Vid val av placering bör högst prioritering ges våtmarkslägen med minst 50 hektars tillrinningsområde och minst 70 % åkermark inom tillrinningsområdet. Placering där andelen åkermark understiger 70 % av tillrinningsområdet kan vara motiverat om övriga faktorer (djurtäthet, andelen ettåriga grödor och andelen lätta jordar) tyder på en stor kväveutlakning.
- Om det går att bedöma framtida förändringar i markanvändningen bör det beaktas vid graderingen. Viktigt är även att kostnadseffektiviteten, dvs. kostnaden per kilo kväve eller fosfor som renas i våtmarken, beaktas.

4.4.2 Avstånd till recipienten

4.4.2.1 Placering nära recipienten

Syftet med våtmarker för näringsrening är att vattenkvaliteten i recipienten ska förbättras. Därför är rening nära recipienten mera angelägen än där vattnets naturliga flöde ger förutsättningar för god självrening. Detta kriterium är delvis tillgodosett genom områdesavgränsningen i makroskalan, men vid bestämning av våtmarksläge inom prioriterade områden är avståndet till recipienten en viktig faktor. Givet att två planerade våtmarker har identiska förutsätt-

ningar, men den ena ligger 500 m från havet/sjön medan den andra ligger 5 km från recipienten, bör läget närmast recipienten prioriteras högst.

4.4.2.2 Placering nära källan

I vissa fall kan det innebära en fördel att placera våtmarker nära källan, dvs. precis vid åkermarken eller där diken eller kulvertar från åkrarna mynnar ut. Förutsättningarna för framför allt sedimentation kan på så sätt förbättras genom att man undviker utspädning av vattnet och att aggregat av lerpartiklar bryts upp. Detta innebär inte någon direkt konflikt med kriteriet att placera nära recipienten men belyser vikten av att alla tre faktorerna (belastning, uppehållstid/hydraulisk belastning, avstånd till recipienten) behöver beaktas vid val av placering. Under vissa betingelser kan mycket fosfor läcka från enskilda fält. En modell för bedömning av utlakningsrisken från enskilda fält har utarbetats vid avdelningen för Vattenvårdslära vid SLU (Djordjic m.fl. 2002). Modellen leder till åtgärdsförslag som syftar till att hålla kvar fosfor på fältnivå, men om detta inte är tillräckligt, kan våtmarker vara ett sätt att fånga upp näringen nära källan.

4.4.2.3 Placering uppströms eller nedströms sjöar

Vid prioritering av lägen för våtmarker för näringsrening är det viktigt att beakta att sjöar själva fungerar som näringsfällor. I sjöar kan en stor andel av de näringsämnen som tillförs reduceras, bl.a. eftersom uppehållstiden för vattnet ofta är lång. Enligt en dansk studie (Jensen m.fl. 1990) var kväveretentionen i eutrofierade sjöar i genomsnitt 33 procent. För fosfor kan man anta att en stor andel av den partikulära fraktionen sedimenterar om uppehållstiden i sjön är lång. En våtmark bör därför prioriteras lägre om den ska anläggas uppströms en sjö, såvida syftet inte är att skydda sjön i fråga.

Ett exempel: Om kväveretention i en sjö uppskattas vara 50 % behöver en våtmark uppströms sjön ha en dubbelt så hög kväveretention som en våtmark som anläggs nedströms för att de ska ha samma effekt på havet.

4.5 Kostnader

Möjligheten att etablera våtmarker där de har störst effekt som näringsfällor styrs även av andra omständigheter än vad som beskrivs i avsnitt 4.3 och 4.4. I förslaget på prioriterat område (figur 6) beaktas inte att kostnaderna som är förknippade med etablering av våtmarker kan vara olika i olika delar av de prioriterade områdena. Variationen inom ett område är dock stor både vad gäller markförhållanden och alternativvärden varför det behöver utredas vidare för att kunna beaktas på makronivå. Dessa faktorer bör dock tas hänsyn till vid en regional planering av våtmarker.

4.5.1 Betydelsen av topografi och markförhållanden

Topografi och markförhållanden påverkar kostnaden för själva anläggningsarbetet. Förutsättningarna för att finna lämpliga platser för våtmarker som näringsfällor varierar beroende på topografen i området. Naturligt är att anlägga våtmarker i svackor eller dalgångar där det tidigare har varit våta marker.

Den stora kostnaden vid våtmarksanläggning är grävning. Det kan också vara dyrt och förknippat med svårigheter att ta hand om stora mängder schaktmassor, som måste placeras i landskapet på ett estetiskt tilltalande sätt. Därför bör man sträva efter att minimera grävarbetet. Om det finns nivåskillnader i landskapet så att våtmarken kan anläggas genom dämning

kan kostnaden begränsas eftersom grävning då endast behövs för att få material till vallbyggnad. Under sådana förhållanden behöver heller inte dräneringsförhållandena runt våtmarken påverkas i någon större grad. I platta odlingslandskap är det dock svårt att skapa våtmarker genom dämning eftersom det påverkar markavvattningen på stora områden uppströms. Grundvattennivån i många jordbruksområden är också betydligt lägre nu än den var för 150 år sedan, beroende på omfattande dränering. Därför blir det ofta nödvändigt med omfattande utgrävning, vilket gör våtmarken dyrare.

4.5.2 Alternativvärde

Markens alternativvärde har stor inverkan på möjligheten eller kostnaden att etablera en våtmark på platsen. Tabell 3 ger en ungefärlig bild av genomsnittligt pris på jordbruksmark samt variation inom och mellan olika produktionsområden. Uppgifterna i tabellen baseras på de försäljningar (6 998 st) av hela lantbruksfastigheter som gjorts i Sverige under perioden 2000-2002. Priset på åker- respektive betesmark har för varje enskild försäljning beräknats utifrån åker- respektive betesmarkens värdeandel av lantbruksfastighetens totala basvärde (som sattes vid fastighetstaxeringen 1998). Markpriset varierar mycket inom olika områden, men tabell 3 ger en bild av det värde som går förlorat för en lantbrukare som avsätter en del av sin jordbruksmark för att anlägga en våtmark.

Tabell 3: Markpriser, baserat på försäljningar 2000-2002. Uppgifter från SCB 2003.

Produktionsområde	Pris (1000 kr/ha) åkermark			Pris (1000 kr/ha) betesmark		
	medel	(min-max)	övre kvartil	medel	(min-max)	övre kvartil
Götalands södra slättbygder	45	(7-182)	57	18	(2-82)	21
Götalands mellanbygder	28	(2-296)	34	9	(0,3-55)	14
Götalands norra slättbygder	23	(2-99)	28	9	(1-50)	11
Svealands slättbygder	18	(1-69)	23	8	(1-31)	10
Götalands skogsbygder	18	(1-80)	23	7	(1-36)	9
Mellersta Sveriges skogsbygder	8	(1-55)	11	4	(0,4-20)	5
Nedre Norrland	4	(0,3-17)	4	2	(0,1-8)	2
Övre Norrland	4	(0,2-16)	5	1	(0,2-6)	2
Hela Sverige	20	(0,2-296)	27	7	(0,1-82)	10

Etablering av våtmarker i områden med höga markpriser antas vara förenat med en högre kostnad per hektar anlagd våtmark än i ett område med lägre markpriser, bl.a. eftersom markägaren ofta behöver kompenseras för att avsätta jordbruksmark i miljösyfte. Priset på jordbruksmark är högre i slättbygd jämfört med skogsbygd. Priset på jordbruksmark är allra högst i Götalands södra slättbygder, varför man kan dra slutsatsen att viljan att avsätta jordbruksmark för anläggning av våtmarker i dessa områden generellt sett är mindre.

Markens alternativvärde eller markpris har inte beaktats vid prioriteringen på makronivå (figur 6), men kan tas hänsyn till om man exempelvis gör en prioritering utifrån kostnaderna för att reducera en viss mängd kväve eller fosfor inom ett område. Det prioriterade området på makronivå och de kriterier som beskrivs i avsnitt 4.4 tydliggör att en stor del av våtmarkerna bör placeras i områden där markens alternativvärde är högst. För att uppnå sådana våtmarkslägen i stor omfattning är det förmodligen nödvändigt att ersättningar för mark- och anläggningskostnader kan differentieras mer än vad nuvarande regelverk inom sveriges miljö- och landsbygdsprogram för 2000-2006 (LBU-programmet) medger.

5 Utformning och skötsel av våtmarker för näringsretention

5.1 Sammanfattning och förslag

- Syftet med kvalitetskriterierna för utformning och skötsel är att stimulera denitrifikation, upptag av växter och alger samt sedimentation. Utformning och skötsel bör i första hand vara inriktad på att gynna denitrifikation och sedimentation. Växternas upptag av näringsämnen har, med undantag för s.k. produktionsvåtmarker, vanligen mindre betydelse för retentionen i odlingslandskapets våtmarker.

Kvalitetskriterier som stimulerar samtliga processer

- Det viktigaste kriteriet för retention av kväve och fosfor är att våtmarken har en *hög belastning och koncentration av näringsämnen*. Ju högre belastning desto mer (fler kilo) kväve och fosfor kan avskiljas. Belastningen styrs främst av våtmarkens placeringen i landskapet.
- Ju längre *uppehållstid* vattnet har i våtmarken desto större andel (i procent) av näringsämnena kan reduceras. Givet att platsen för en våtmark är bestämd och under förutsättning att tillkommande kostnader är rimliga (kostnadseffektivitet) bör en lång uppehållstid eftersträvas. Vid val av placering av en våtmark är dock retentionen av näringsämnen i absoluta tal (kg N och/eller P per våtmarksyta och år) viktigare att beakta än en lång uppehållstid för vattnet.
- Våtmarkens reningsförmåga ökar om hela våtmarksytan utnyttjas på ett effektivt sätt (*hydraulisk effektivitet*). Att det inkommande vattnet fördelas över hela våtmarksytan innebär att våtmarken har en hög hydraulisk effektivitet.
- Alla tre processerna (denitrifikation, växtupptag och sedimentation) gynnas av att våtmarken är *bevuxen*, förutsatt att vegetationen inte försämrar våtmarkens hydrauliska effektivitet. Vegetationen får gärna vara *riklig och varierad* för att skapa ytor för denitrifikation, förbättrad hydraulisk effektivitet, ökad sedimentation samt minskad resuspension.

Utformning

- *Våtmarkens storlek* bör, om det är möjligt, *dimensioneras efter höglödessituationer* för att undvika utsköljning av sediment. En våtmark med stort tillflöde i förhållande till storleken kan dock vara kostnadseffektiv även om viss utsköljning sker, eftersom en hög hydraulisk belastning samtidigt kan innebära en stor belastning av näringsämnen. Detta under förutsättning att koncentrationen av näringsämnen är hög i inkommande vatten.
- *Vegetation* bör *etableras snabbt* i nyanlagda våtmarker, inklusive eventuella dammvallar, för att minska risken för erosion, massutveckling av alger och läckage av näringsämnen från våtmarken. Vilka arter som etableras och blir dominerande i våtmarken kan till viss del styras av vattennivån. Etableringen av vattenväxter kan underlättas genom plantering, spridning av skottbitar samt givarfröbanker.
- Medeldjupet i våtmarken bör *inte vara större än 1 meter* för att få riklig vegetation i våtmarken.

- *Omväxlande djup, öar och varierad vegetation* ger, om de utformas riktigt, en bra hydraulisk effektivitet. Med omväxlande djupare och grundare partier vinkelrätt mot flödesriktningen kan man åstadkomma en god hydraulisk effektivitet.
- Innanför inloppet till våtmarken kan en *djuphåla* placeras för sedimentation och för att dämpa flödes hastigheten.
- Våtmarken bör om möjligt utformas med *flacka kanter* som får översvämmas så att våtmarken kan expandera under högflödesperioder. Med flacka stränder är det dock viktigt att förutsättningar finns för regelbunden skötsel genom vattenståndsfluktuationer och slåtter/bete, för att förhindra att våtmarken växer igen.
- *Kanalbildning* genom våtmarken ger en *dålig hydraulisk effektivitet*. För att motverka kanalbildning kan utbredningen av klonbildande växter behöva begränsas. Om våtmarken skapas genom dämning av en åfåra kan kanalbildning undvikas t.ex. genom att grunda partier skapas i den tidigare åfåran.
- Våtmarkens *in- och utlopp* bör inte ligga för nära varandra, utan bör placeras så att *inkommande vatten passerar hela våtmarksytan*.
- En viss vattenomsättning och syretillgång motverkar i de flesta fall att fosfor frisätts från sedimentet. För att motverka denna frisättning kan våtmarken placeras och utformas så att ett alltför lågt flöde under sommaren undviks.
- Våtmarkerna bör placeras och utformas med tanke på framtida skötsel. Detta innefattar bland annat tillgänglighet till våtmarken, släntlutningar, tömningsmöjligheter och våtmarkens form.

Skötsel

- Slåtter och annan skötsel av vegetationen bör i första hand utföras med syfte att öka den hydrauliska effektiviteten och vattnets omsättningstid i våtmarken. Om skörden av vattenväxter medför att ytan för denitrifikationsbakterier minskar eller försämrar växtlighetens funktion att dämpa flödes hastighet och resuspension kan det vara negativt för våtmarkens reningsförmåga.
- *Upprepad slåtter* av klonväxter som vass och kavel dun, i kombination med vattennivåfluktuationer, minskar utbredningen av de klonbildande växterna och risken för kanalbildning genom våtmarken.
- *Skörd och bortförsel* av biomassa kan öka retentionen i våtmarken.
- *Bete i våtmarker är generellt sett bra* eftersom det hindrar igenväxning och är viktigt för våtmarkens natur och kulturmiljövärden. Betesdriften får dock inte vara för intensiv om huvudsyftet är näringsretention.
- I våtmarker där det sker en omfattande sedimentation kan *utgrävning av sediment* behöva ske för att få en bestående retention av fosfor och förhindra uppgrundning och igenväxning av våtmarken.
- *Tömning* av våtmarken kan behövas för att underlätta slåtter och utgrävning samt för att bli av med oönskad fisk.
- Våtmarken bör om möjligt hållas *fri från bottenätande fisk*, som braxen, vars födosök rör upp sedimentet.

5.2 Inledning

Den viktigaste förutsättningen för en hög retention av växtnäring i våtmarker är att koncentrationen och den ytspecifika belastningen av näringsämnen är hög. Med belastning menas normalt den totala mängden kväve eller fosfor som kommer in i våtmarken per år. I begreppet ytspecifik belastning ingår våtmarkens storlek och då menas mängden kväve eller fosfor per våtmarksyta och år ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$). Ju högre ytspecifik belastning desto mer (fler kilo) kväve och fosfor kan avskiljas per våtmarksyta. Dock är det viktigt att inse att en hög ytspecifik belastning oftast innebär en lägre relativ retention (i procent).

Ju längre uppehållstid vattnet har i våtmarken desto större andel (i procent) av näringsämnena kan avskiljas. (se avsnitt 4.4.1). Strömningsmönster och hur vattnets blandas i våtmarken innefattas i begreppet hydraulisk effektivitet för en enskild våtmark. En högre hydraulisk effektivitet ökar uppehållstiden för vattnet i våtmarken och gör att det inkommande näringsrika vattnet kan spridas så att hela våtmarken utnyttjas för rening.

Hög ytspecifik näringsbelastning, lång uppehållstid och hög hydraulisk effektivitet stimulerar samtliga processer (denitrifikation, upptag av växter och alger och sedimentation) för retention av växtnäring. Våtmarkens ytspecifika näringsbelastning bestäms huvudsakligen av var våtmarken placeras i kombination med våtmarkens storlek. Uppehållstiden och den hydrauliska effektiviteten kan till stor del påverkas av våtmarkens utformning och skötsel. Flera av kvalitetskriterierna för utformning och skötsel som beskrivs i avsnitt 5.3 och 5.4 syftar till att skapa en lång uppehållstid för vattnet och hög hydraulisk effektivitet.

5.3 Utformning av våtmarker för näringsretention

5.3.1 Storlek och uppehållstid

Våtmarkens yta har stor betydelse för retentionen av näringsämnen. Särskilt betydelsefull är våtmarkens yta i förhållande till vattenflödet, vilket beskrivs i avsnitt 4.4.1. Om en våtmark görs större blir vanligen uppehållstiden längre vilket ger en större avskiljning i både procent och absolut mängd (kg år^{-1}), dock ej i absolut mängd per våtmarksyta ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$). Att utöka våtmarken medför dock ofta ökade kostnader, vilket innebär att storlek och uppehållstid kan behöva anpassas till vad som bedöms vara mest kostnadseffektivt i det enskilda fallet.

Effekten av omsättningstiden skiljer sig mellan en stor och en liten våtmark. Risker för utsköljning av sediment är normalt sett mindre i en stor våtmark, speciellt om volymen är tillräckligt stor för att minska vattenrörelserna även vid högflöde. Dock är en stor våtmark mer utsatt för vind vilket kan öka risken för erosion och resuspension. Om man jämför en stor våtmark med viss uppehållstid med en mindre med samma uppehållstid har dock den större våtmarken snabbare vattenrörelser än den mindre våtmarken. Detta beror på att vattnet i den större våtmarken transporteras över en längre sträcka på samma tid som i den mindre våtmarken där avstånden är kortare. Detta innebär att risken för resuspension och eventuell utsköljning av sediment är högre i den större våtmarken (observera: under förutsättning att de båda våtmarkerna har samma omsättningstid). Om diskussionen handlar om att undvika resuspension och utsköljning kan därför omsättningstiden tillåtas vara något kortare i en mindre våtmark än i en stor. För att undvika utsköljning behöver storleken på våtmarken dimensioneras efter högflödessituationer och inte medelflöden. En våtmark med stort tillflöde i förhållande till storleken kan dock vara kostnadseffektiv även om viss utsköljning sker, eftersom det samtidigt kan innebära att den ytspecifika belastningen av näringsämnen är hög.

Modellberäkningar har indikerat att flera våtmarker seriekopplade efter varandra ger bättre kväveavskiljning än en större våtmark, trots att den totala våtmarksytan är lika stor (Kellner

1993 i Persson 1998). Detta förklaras med att det är lättare att uppnå en hög hydraulisk effektivitet i mindre våtmarker.

5.3.2 Djupförhållanden och vegetationsstruktur

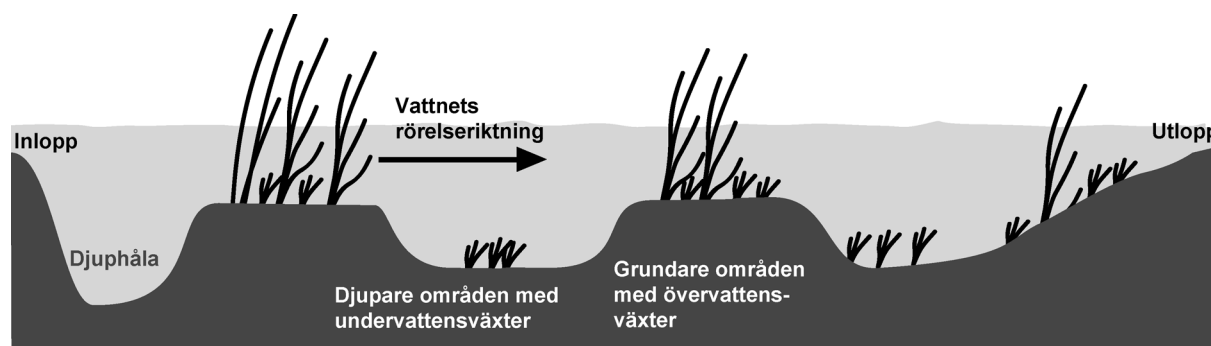
Som nämnts i avsnitt 3.2.2 gynnas såväl denitrifikation som sedimentation och växtupptag av att våtmarken är bevuxen, förutsatt att vegetationen inte försämrar våtmarkens hydrauliska effektivitet.

Djupet i våtmarken påverkar vilken växtlighet som kan etableras och breda ut sig i våtmarken. Samtliga processer för retention av växnäring gynnas av att våtmarken är så pass grund att en riklig vegetation kan etableras i våtmarken, förutsatt att vegetationen inte försämrar våtmarkens hydrauliska effektivitet. En grund våtmark värms snabbare upp på våren vilket kan gynna denitrifikationen. Våtmarken bör därför inte vara djupare än 1-1,5 meter, med undantag för eventuella djuphålor vid inloppet. Att anlägga djupare våtmarker för att eventuellt öka uppehållstid och sedimentation ökar anläggningskostnaderna samtidigt som det kan försämma reningseffekten.

En grund våtmark (0-0,5 m vattendjup) riskerar dock att växa igen relativt snabbt, speciellt vid stor näringstillförsel. Vegetationen kan hållas tillbaka med skötselinsatser, vilket dock kan kräva mycket resurser.

För optimal näringsretention ska kanalisering och zoner med stillastående vatten undvikas. En riklig vegetation är gynnsam för retentionen (Toet 2003), men om klonbildande växter som vass och kaveldun får breda ut sig ohämmat ökar risken för kanalbildning. För att bättre utnyttja vegetationens positiva effekter för processerna kan våtmarken utformas med omväxlande djupa och grunda partier vinkelrätt mot flödesriktningen (figur 7) (Persson och Weisner 2002). I djuphålorna blandas vattnet och omfördelas så att kanalisering av vattenflödet motverkas. På de grunda partierna etableras (eller planteras) övervattensväxter och i de djupare partierna eventuellt undervattensväxter. Dessa vegetationsfilter bromsar flödeshastigheten så partiklar kan sedimentera och gör att vattnet kommer i kontakt med fler ytor (stjälkar, blad) med biofilmer. De grunda partierna bör inte vara djupare än ca 0,5 meter för att möjliggöra etablering av övervattensväxter, och de djupare partierna 1-1,5 meter för att missgynna övervattensväxterna och istället gynna undervattensväxterna. Detta för att få en varierad växtlighet och minska risken för kanalisering.

Flödeshastigheten dämpas om en djuphåla placeras innanför inloppet. Djuphålan är främst motiverad om man vill gynna sedimentationsprocessen. För att minska risken för utsköljning vid höga flöden bör djuphålan vara minst 1,5 meter djup och följas av en grundare zon med övervattensväxter där resuspenderat material återigen kan sedimentera.



Figur 7: Exempel på utformning och vegetation för att öka våtmarkens hydrauliska effektivitet.

5.3.3 Etablering av vattenväxter

I nyanlagda våtmarker etableras vegetationen vanligtvis relativt snabbt på naturlig väg (Weisner och Strand 2002). Olika arter har olika krav för groning och tillväxt i fuktiga miljöer och under vatten. Etableringen av vattenväxter kan därför styras av vattennivån i våtmarken. Detta görs framför allt på våren då de flesta växterna gror. Övervattensväxter som vass och kavel-dun kan inte fotosyntetisera under vatten varför ett högt vattenstånd på våren är ett sätt att hålla tillbaka dessa arters vegetativa utbredning.

För vissa våtmarker kan man behöva skynda på koloniseringen eller påverka artsammansättningen av vattenväxter i våtmarken (Weisner och Strand 2002). Våtmarker som anläggs på åkermark, kan sakna fröbank för våtmarksfloran i marken. Behov av att aktivt stimulera koloniseringen av vattenväxter kan även finnas om tillflödet endast består av dräneringsvatten och våtmarken inte tillförs spridningskroppar från uppströms liggande växtsamhällen.

För att styra vegetationsutvecklingen är det möjligt att plantera vattenväxter. Plantering är en tidsödande och ofta kostsam åtgärd, men det kan vara motiverat eftersom vegetationen är så pass viktig för våtmarken reningsförmåga. I större våtmarker kan plantering göras på olika delområden i våtmarken så att dessa får fungera som spridningszoner till övriga ytor. Om hela naturliga bestånd ska användas krävs dock tillstånd från länsstyrelsen. Fridlysta arter får inte grävas upp.

Vissa undervattensväxter som hornsärv (*Ceratophyllum demersum*) slingor (*Myriophyllum spp.*) och vattenpest (*Elodea canadensis*) kan etableras i en nyanlagd våtmark genom att sprida skottbitar (fragment) i våtmarken.

Vattenvegetation kan även etableras med givarfröbanker. Det går till så att man samlar in sediment innehållande en aktiv fröbank från en befintlig våtmark, med väl utvecklad vattenvegetation, vilket sedan sprids ut i den nyanlagda våtmarken. Metoden är relativt billig samtidigt som det vanligtvis ger en snabbare etablering och ett mer variationsrikt artsamhälle jämfört med plantering eller naturlig spridning.

5.3.4 Utformning för att undvika kanalisering och zoner med stillastående vatten

För optimal näringsretention ska kanalisering och zoner med stillastående vatten undvikas. Om våtmarken skapas genom dämning av en åfåra kan kanalbildning undvikas t.ex. genom att grunda partier skapas i den tidigare åfåran. Kanalbildning kan även hindras genom att motverka ohämmad utbredning av de klonbildande växterna.

Viktigt är också att in- och utlopp placeras så att inkommande vatten passerar hela våtmarkytan. Om in- och utlopp placeras nära varandra riskeras kortslutning av vattenflödet, dvs att huvuddelen av vattenflödet tar en kort väg genom våtmarken utan att spridas över hela ytan. Risken för kortslutning kan även minskas genom att en tröskel under vattenytan eller en ö placeras strax efter inloppet till våtmarken (Persson och Weisner 2002).

5.3.5 Sidodammar

Av hänsyn till t.ex. vandrande fisk eller omgivande åkermark är det ibland inte möjligt att skapa en våtmark genom dämning av ett vattendrag. Då kan det vara motiverat att anlägga våtmarken som en s.k. sidodamm till vattendraget. Vid sådana konstruktioner passerar delar av vattenflödet utan att komma in och renas i våtmarken, men våtmarken kan likväl vara kostnadseffektiv ur retentionssynpunkt.

5.3.6 Vindskydd och solbelysning

Denitrifikationen och även vattenväxternas tillväxt gynnas av en högre vattentemperatur. Växtlighet runt våtmarken kan både utgöra vindskydd och skugga våtmarken. Vinden inverkar negativt på våtmarkens hydrauliska effektivitet. Växtlighet som vindskydd ökar dessutom temperaturen samtidigt som det blir mindre vågor vilket minskar risken för erosion och resuspension. Skuggning sänker dock temperaturen och kan hämma tillväxten av önskvärda växter varför det kan vara motiverat att hålla tillbaka buskar och träd på våtmarkens sydsida.

5.3.7 Material i botten och kanter

Eventuella dammvallar bör konstrueras så att vattnet inte läcker genom vallarna. Lerjordars vattenhållande förmåga gör dem vanligtvis bra som byggnadsmaterial. Ju större inslaget är av grus och sand desto sämre blir tätningsegenskaperna (Feuerbach 1998). Likaså är organogena jordar, t.ex. torvjordar, olämpliga för vallbyggnation och öar. Torv och sand kan vara användbart om de är blandade och huvuddelen är sand, eftersom det organiska materialet då kan täppa igen hålligheterna i sanden. Av samma anledning är blandningen av matjord och alvmaterial ofta bättre än delarna var för sig.

Om våtmarken anläggs på lerjord är risken mindre att material från våtmarkens botten och kanter ska erodera och föras ut ur våtmarken. Om man planerar bete i våtmarken kan dock lerjord vara olämpligt i strandzonen, eftersom djurens tramp löser upp underlaget (Feuerbach 1998).

5.3.8 Bortförsel av matjord

För att förhindra ett läckage av näringsämnen, framför allt fosfor, från den åkermark som sätts under vatten är det ofta lämpligt att ta bort matjorden i samband med anläggning. Dock är det viktigt, både för biologisk mångfald och näringsretention, att våtmarken är bevuxen. Om en åker är bevuxen med t.ex. vallgräs kan därför det vara fördelaktigt att behålla matjord och befintlig växtlighet. Det organiska materialet i matjorden kan även gynna denitrifikationen. Som grundprincip gäller att matjorden bör tas bort om våtmarken anläggs på åkermark men att undantag kan behöva göras om bortförseln av matjord bedöms försämra kostnadseffektiviteten (både schaktningskostnader och miljönytta inräknat). Ett alternativ när marken är bevuxen är, om det är möjligt, att återställa det översta gräslagret efter bortschaktning av underliggande matjord. Om det genom jordprov skulle visa sig att även jordlagret under matjorden (alven) har hög fosforhalt bör man avstå från att anlägga en våtmark på platsen.

5.3.9 Släntlutning

Med flacka stränder kan våtmarken expandera mer under högflödesperioder än vad en våtmark med branta stränder kan. En svag strandlutning underlättar dessutom etableringen av vegetation samtidigt som risken för erosion från kanterna minskar. Behovet av skötsel för att förhindra igenväxning kan dock öka. Vid en undersökning av 37 våtmarker som anlagts mellan 1990-1997 fann Feuerbach (2003) att igenväxningstakten gått snabbast i våtmarker med en släntlutning på 1:3 till 1:4, dvs. varken är riktigt brant eller riktigt flack. Detta förklarades med att både bete och maskinell skötsel är svårt att genomföra vid dessa släntlutningar. Branta slänter kan hindra expansionen av igenväxningsvegetation. Som grundprincip bör gälla att en flack släntlutning ska eftersträvas (minst 1:7) förutsatt att någon form av skötsel, genom vattenståndsfuktuationer kombinerat med bete eller slåtter, är möjlig.

5.3.10 Tillgänglighet för skötsel

För en rationell skötsel är det viktigt att tillgängligheten till våtmarken är god så att det går att komma åt med maskiner. Framför allt är släntlutningen viktig. Brantare än 1:7 kan ge problem med körbarhet. Vallkrön bör vara breda och platta så att det är möjligt att köra och slå av vegetationen även där. Det är också viktigt att man vid anläggningsarbetet planerar för körbanor bakom vallar och längs med diken så att åtkomst till, och skötsel av, dessa underlättas. Skötseln underlättas även om våtmarken är tömningsbar.

5.3.11 Möjlighet till vattennivåreglering och tömning

Vattenståndsfluktuationer är en användbar metod för skötsel av anlagda våtmarker. En viktig utformningsdetalj är därför möjlighet till variation av vattennivån. För att möjliggöra vattenståndsfluktuationer kan en nivåbrunn, s.k. munk, placeras vid utloppet från våtmarken. Ett alternativ till munk är ett utflödesrör med monterad snabel som kan vinklas upp eller ner för att variera vattennivån. Högsta tillåtna vattenstånd bestäms då av ett säkerhetsrör eller annan bräddanordning (Feuerbach 1998). Magasineringseffekten kommer därmed att motsvara nivåskillnaden mellan bottenrör och säkerhetsrör. Olika utloppsrör på olika nivåer ger en långsammare vattennivåhöjning vid höglödessituationer.

Det är även en stor fördel för skötseln om våtmarken är tömningsbar. En total tömning ger möjlighet att komma in med maskiner för restaurerings- eller skötselarbete. För att underlätta och snabba på tömningen kan grunda (1-3 dm) avvattningsdiken läggas i våtmarken sluttande mot utloppet. Utloppsröret ska då ligga så lågt som möjligt i våtmarken. Efter tömning och upptorkning kan man komma åt större ytor med maskinerna.

Regelbunden tömning av en våtmark kan också göras i syfte att få bort etablerade fiskbestånd. Fisken kan påverka både näringsreningen och den biologiska mångfalden negativt. Fiskars födosök i sedimentet kan öka transporten av näringsämnen upp i vattenmassan (Persson 1997), vilket kan leda till att näringen förs ut ur våtmarken. För att minska resuspension bör våtmarkerna hållas fria från bottendjursätande fisk som braxen och karp.

5.4 Skötsel av våtmarker för näringsretention

5.4.1 Inledning

Skötselaspekterna är mycket viktiga att beakta när det gäller anlagda våtmarker. En våtmark är ett ekosystem i ständig förändring vad gäller vegetation, djupförhållande, erosion, vattenstånd etc., där många av ekosystemfunktionerna (biologisk mångfald, näringsrening m.m.) oftast förändras i takt med våtmarkens utveckling. Aktuell våtmarkslitteratur behandlar skötsel frågor relativt sparsamt. Till viss del kan det bero på att våtmarksanläggning för näringsrening av diffusa näringskällor är en relativt ny företeelse och många av de våtmarker som har anlagts är unga (1-10 år) och därför inte hunnit förändras i så stor utsträckning. Men frågan är hur majoriteten av de anlagda våtmarkerna fungerar om 20-50 år om de inte är utformade och placerade med tanke på framtida skötsel. För en rationell skötsel av lite större våtmarker krävs oftast maskinella insatser.

5.4.2 Skötsel för förbättrad hydraulisk effektivitet och omsättningstid

Så länge växternas biomassa ökar i våtmarken sker en ackumulering av näringsämnen i växterna. För att kunna reducera stora mängder kväve och fosfor genom växtupptag behöver ve-

getationen skördas och föras bort från våtmarken. Det är dock viktigt att slåttorn eller betet av våtmarksvegetationen inte försämrar förutsättningarna för de andra processerna (denitrifikation och sedimentation). Som framgår i avsnitt 3.2 har växternas upptag generellt sett en liten betydelse för retentionen av både kväve och fosfor, varför skötseln av våtmarker i första hand bör vara inriktad på att gynna denitrifikation och sedimentation. Om skörd av vattenväxter minskar ytan för biofilmen eller att växtlighetens funktion att dämpa flödes hastigheten och resuspensionen försämrats kan det vara negativt för våtmarkens reningsförmåga. Slåtter och annan skötsel av vegetationen bör därför utföras med syfte att öka den effektiva ytan och vattnets omsättningstid i våtmarken.

5.4.3 Slåtter

Årlig avslagning av vegetation minskar risken för igenväxning och ger samtidigt ett mer varierat växtsamhälle. Slåtter gynnar örterna på bekostnad av gräsen. (Svensson och Glimskär 1993). Framför allt i dagens läge, med brist på lämpliga betesdjur för tillräckligt högt betetryck, kan slåtter av våtmarker vara det enda sättet att hålla fuktiga marker öppna. Om vassens utbredning ska minskas får man störst effekt om vegetationen slås av under vattenytan när skotten kommit upp över vattenytan men innan de gått i blom, vilket i södra Sverige sker i slutet av maj eller i början av juni. Detta är dock negativt för häckande fågel och groddjur. Om växterna i stället slås av i slutet av juli har klonväxterna transporterat en hel del av energin ner i rhizomen, varför behandlingen bör upprepas senare under säsongen när nya skott kommit upp. På så vis utarmas växternas energireserver, och om det dessutom finns möjlighet att höja vattenståndet efter slåttorn blir denna utarmning av energireserverna ännu mera effektiv (avsnitt 5.4.5).

Även buskar och träd kan behöva begränsas framför allt på sydsidan eftersom de skuggar våtmarken. Särskilt viktigt är att vedartade växter (buskar, träd, sly) hålls borta från vallar eftersom och rötterna på sikt kan göra vallen otät.

Det avslagna materialet bör transporteras bort för att öka näringsretentionen. En del av materialet kan lämnas kvar i våtmarken för att gynna nedbrytare och andra djur. Materialet kan också lämnas kvar om man tror att denitrifikationen begränsas av kolbrist i systemet.

Slåtter på mycket blöta marker kan vara svårt att genomföra maskinellt då markens bärighet är dålig. Därför bör det åter poängteras att tömningsbara våtmarker där vattennivån kan sänkas och där grunda avvattningsdiken i våtmarken påskyndar upptorkningen är viktiga för att underlätta och i vissa fall möjliggöra rationell skötsel.

5.4.4 Bete

Betesdjur påverkar våtmarken genom avbetning, tramp, slitage och fläckvis gödsling via spillning och urin. Det är främst ungdjur av nötkreatur som används vid bete av våtmarker. De betande djuren omsätter kvävet i växtmaterialet snabbt. Djurens tramp kan dessutom medföra erosion från strandbrinkar och våtmarkssediment. Om huvudsyftet med våtmarken är näringsretention behöver betesdriften anpassas för att motverka sådana effekter. En måttlig betesdrift kan uppnås med ett lägre djurantal, endast bete under lågvattenperioden, och att bete undviks innan växtligheten etablerats ordentligt. Intensivt kreatursbete bör endast tillämpas när det är motiverat av naturvårdsskäl (Leonardsson 1994).

5.4.5 Vattenståndsvariationer

En viktig utformningsdetalj är möjlighet till variation av vattennivån. Framför allt i grunda våtmarker, med flack släntlutning där risken är stor för kraftig expansion av klonbildande

överbattensväxter, är vattenståndsfuktuationer viktiga för att minska expansionshastigheten hos vegetationen. Växthushörsök på unga vassplantor har visat att även måttliga variationer av vattenståndet (0,5 m) minskar tillväxten hos vass (*Phragmites australis*) (Vretare m.fl. 2001). Frekvensen på vattenståndsfuktuationerna är viktig för att växterna inte ska hinna anpassa sig till ett visst djup utan hela tiden måste satsa energi på anpassning till en föränderlig vattennivå. I växthushörsöken gav en frekvens på vattenståndsfuktuationerna på 5 dagar ca 30 procent lägre biomassa jämfört med plantor som växt i konstant vattendjup. Det är osäkert hur detta resultat kan överföras till fält och för etablerade bestånd men rimligtvis bör upprepade vattenståndsförändringar under en växtsäsong leda till minskad tillväxt och minskad vattendjupsutbredning hos vass och övriga klonväxter. På så vis minskas risken för alltför stor dominans av perenna klonväxter.

Om det går är det en fördel att vidmakthålla höga vattennivåer under vår och försommar när klonväxterna skickar upp stjälkarna genom vattenmassan. Då utnyttjar växten upplagrad energi från rhizom eftersom de i regel inte fotosyntetiserar under vattnet. Ju högre vattenstånd desto mer energi går åt för att producera blad ovan vattennivån. När blad utvecklats är det lämpligt att sänka vattennivån och slå av vegetationen enligt resonemanget i avsnitt 5.4.3. Högt vårvattenstånd kan missgynna undervattensväxterna om siktdjupet är litet. Dock är den negativa effekten av expanderande överbattensväxter på sikt större för undervattensväxterna.

5.4.6 Utgrävning av sediment

Som beskrivits i avsnitt 3.2.3 riskerar den fosfor som lagts fast genom sedimentation att läcka från sedimentet i ett senare skede. Våtmarker som från början är grunda och våtmarker där det sker en omfattande sedimentation kommer dessutom på sikt att grundas upp så mycket att retentionen av kväve och fosfor försämras. Då är det nödvändigt att gräva bort sedimentet. Intervallen mellan utgrävningarna beror på ursprungsdjupet och belastningen av partiklar. Exempelvis innebär en pålagring av sediment med i genomsnitt en centimeter per år, vilket antas kunna gälla våtmarker med mycket stor belastning av sedimenterbart material, en uppgrundning med 0,5 meter på 50 år.

Utformningen har betydelse för hur lätt det är att gräva ut en anlagd våtmark. En cirkelrund våtmark är oftast svårare att gräva ut än en långsmal eftersom man inte kommer åt från kanten utan måste ge sig ut i våtmarken. Om det är svårt att komma åt hela våtmarksytan från land är det en stor fördel om våtmarken är tömningsbar.

Utgrävningen av sediment kan dock vara negativt för denitrifikationen (Leonardsson 1994) eftersom det för bort sedimentlager med etablerad biofilm för denitrifikation. Våtmarken bör därför utformas så att det område som behöver grävas ut begränsas, exempelvis genom att man har en djuphåla strax efter inloppet.

Frågan om omhändertagande av sediment från utgrävda våtmarker har hittills inte varit aktuell, men kan hamna på dagordningen om sedimentutgrävning blir vanligare i framtiden allteftersom våtmarkerna åldras. Problem i samband med detta är t.ex. föroreningar (tungmetaller etc.) som kan förekomma i sedimentet, framför allt om våtmarken tar emot dagvatten, och som kan göra det olämpligt att sprida det på åkermark. Här behövs betydligt mer undersökningar och framtagande av alternativa användningsområden för sedimentet.

6 Samverkan och konflikter mellan olika syften

6.1 Sammanfattning

- En våtmark är ett värdefullt inslag i odlingslandskapet som skapar förutsättningar för näringsretention och ökad biologisk mångfald. I många fall kan även ett ökat värde för kulturmiljön uppnås. Kriterier för bl.a. våtmarkens hydrauliska effektivitet och skötsel kan dock umedföra intressekonflikter mellan syftet näringsretention kontra biologisk mångfald i samma våtmark. Konflikter kan även uppstå gentemot kulturmiljöintressena.
- Våtmarkers värde för biologisk mångfald kan ökas, med bibehållen hög reningseffekt, genom att öka variationen av livsmiljöer (habitatheterogeniteten) samt genom att innefatta omgivande mark i planering och skötsel.
- En högre habitatheterogenitet kan uppnås t.ex. genom att göra våtmarken *större*, med *varierad vegetation och flacka stränder*. Den biologiska mångfalden gynnas vanligtvis även av att våtmarken är *solbelyst* och att den, om möjligt, hålls *fri från fisk*. *Strandängar* som utgör häckningsplats för vadarfåglar *bör hållas fria från träd*. Gynnsamt för den biologiska mångfalden är även att *bruken fria kantzoner* etableras runt våtmarken och att *småbiotoper* som stenrösen och död ved bevaras i våtmarkens närhet.
- Våtmarkens skötsel är mycket viktig för att gynna den biologiska mångfalden. Fisk och kräftor bör inte planteras in i våtmarkerna.
- Om syftet med våtmarken är att avskilja fosfor är det mycket viktigt att beakta de kriterier som speciellt avser att stimulera fosforavskiljning och sedimentation. Dessa berör bl.a. faktorer i våtmarkens tillrinningsområde, uppehållstiden, syreförhållanden, en djuphåla innanför inloppet samt utgrävning av sediment.
- Hänsyn till kulturmiljön kan tas genom att alltid eftersträva ett utseende på våtmarken som passar landskapsbilden. Samrådet med länsstyrelsens kulturmiljöfunktion fyller därför en viktig funktion. Stor hänsyn behöver tas till kulturmiljön i kulturhistoriskt värdefulla områden. Våtmarker som inte kan uppfylla alla kriterier för kulturmiljöhänsyn lämpar sig bäst i områden som genomgått stora förändringar under modern tid.

6.2 Inledning

Kvalitetskriterierna för näringsretention överensstämmer till stor del med kriterierna för biologisk mångfald och kulturmiljöhänsyn för våtmarker som anläggs i odlingslandskapet. För vissa faktorer finns dock intressekonflikter. Intressekonflikter mellan näringsretention och biologisk mångfald beror i regel på att resurserna för anläggning och restaurering av våtmarker är begränsade, inte att våtmarker för näringsretention skulle vara negativa för den biologiska mångfalden eller vice versa. Även för de kriterier där intressekonflikter finns kan i vissa fall anpassningar göras för att ta viss hänsyn till det sekundära syftet.

De mest betydande hindren för att uppnå effektiva våtmarker för såväl näringsretention som biologisk mångfald utgörs dock av andra intressekonflikter, exempelvis gentemot lantbrukarnas odlarintressen, vattendomar och möjligheten att få till stånd våtmarker där mer än en markägare är inblandad. Exempelvis förespråkas i denna rapport grunda, flacka våtmarker

vars utbredning tillåts variera med de naturliga vattenståndsfluktuationerna. Sådana våtmarker skapas lämpligast genom dämning av vattendrag, vilket kan ge stor påverkan på omgivande mark, dikningsföretag och leda till att flera markägare blir direkt berörda. I vissa fall finns även en konflikt gentemot fiskintressen, eftersom våtmarker kan utgöra ett hinder för vandrande fisk. Det är därför angeläget att hitta sådana system för våtmarksarbetet som kommer runt dessa hinder, t.ex. genom att premiera samarbete mellan markägare när flera markägare berörs.

6.3 Synergieffekter och intressekonflikter

Innan en våtmark anläggs eller restaureras är det viktigt att klargöra huvudsyftet med våtmarken. I denna rapport diskuteras främst våtmarker med näringsretention som huvudsyfte, men även för dessa kan det behöva klargöras om det främsta syftet är retention av kväve eller fosfor. Vid planeringen är det även viktigt att beakta vilka positiva effekter, utöver huvudsyftet, som våtmarken kan ge. Detta avsnitt belyser effekterna för näringsretention, biologisk mångfald och kulturmiljön. Våtmarkerna kan även vara viktiga som flödesutjämnare, för rekreation etc., vilket inte behandlas i denna rapport.

Våtmarker som anläggs i odlingslandskapet betraktas nästan alltid som ett tillskott för den biologiska mångfalden. Värdet för den biologiska mångfalden varierar dock mycket mellan olika anlagda våtmarker. Våtmarkerna kan även ha en positiv effekt för kulturmiljön bl.a. eftersom det ger en bild av hur odlingslandskapet såg ut innan sjösänkings- och diknings-epoken. Ur kulturmiljösynpunkt kan dock våtmarkerna vara placerade på fel ställen, där de utgör ett störande inslag i landskapet eller genom att landskapets gömda strukturer utplånas.

Tabell 4 ger en generaliserad bild av hur olika kriterier påverkar näringsretention, biologisk mångfald och kulturmiljön. I avsnitt 6.3.1-6.3.5 förs ett resonemang om intressekonflikter och hur samma åtgärd kan ge ett mervärde både för näringsretentionen och våtmarkens natur- och kulturvärden, s.k. synergieffekter.

Tabell 4: Generell beskrivning av hur olika faktorer påverkar näringsretention, biologisk mångfald och kulturmiljön. I tabellen beskrivs positiv inverkan (+), negativ inverkan (-), att kriteriet kan vara positivt eller negativt beroende på omständigheterna (+/-) eller att kriteriet vanligtvis saknar betydelse (0). I tabellen tas inte hänsyn till att en våtmark oftast innebär ett positivt värde för såväl näringsretention som biologisk mångfald och kulturmiljön. Tabellens syfte är i stället att beskriva huruvida beaktande av olika kriterier medför ett mervärde för retention/biologisk mångfald/kulturmiljön eller ej.

Faktorer eller kvalitetskriterier	Växtnäringsretention	Biologisk mångfald	Kulturmiljön
Placering			
Hög näringsbelastning, hög koncentration av näringsämnen	+	+/-	0
Låg näringsbelastning	-	+/-	+
Hög andel åker i tillrinningsområdet	+	+	+
Hög andel ettåriga grödor i tillrinningsområdet	+	0	0
Hög djurtäthet i tillrinningsområdet	+	+	+
Hög andel lätta jordarter i tillrinningsområdet	+ ¹	0	0
Stort tillrinningsområde (stor tillrinning till våtmarken)	+	+/-	0
Placering nära recipient	+	0	0
Placering nära källan	+/-	0	0
Placering uppströms sjö (om syftet ej är att skydda sjön)	-	0	0
Närhet till andra våtmarker	0	+	0
Placering där det tidigare varit våtmark	+	+	+

Studie av historiska kartor vid planering	0	+	+
Utformning			
Lång uppehållstid för vattnet i våtmarken (givet viss placering)	+	+	0
Hög hydraulisk effektivitet	+	+/-	0
Solbelyst vatten (hög vattentemperatur)	+	+	+
Storlek dimensionerad efter höglödessituationer	+	+	+
Riklig och varierad vegetation	+	+	0
Snabb etablering av vegetation	+	+/-	+
Grunda våtmarker (högst 1,5 m)	+	+	+
Omväxlande djup	+	+	0
Öar	+/-	+	+/-
Djuphåla innanför inloppet	+	+	0
Flikighet	-	+	+/-
Flacka kanter	+	+	+
Tillgänglighet för skötsel	+	+	+
Tömningsmöjlighet	+	+	+
Brukningfri och sprutningsfri kantzon runt våtmarken	+	+	+
Buskar och träd	0	+/-	+/-
Skötsel			
Åtgärder för att hålla tillbaka utbredningen av klonbildande växter	+	+	+
Tidig slåtter (maj-15 juni)	+	+/-	+
Sen slåtter	+	+	+
Upprepad slåtter	+	+	+
Bortförsel av avslaget material	+	+	+
Slåtter med efterbete	+	+	+
Intensivt bete	-	+	+
Extensivt bete	+	+	+
Vattenståndsfluktuationer (naturlig vattenregim)	+	+	+
Utgrävning av sediment	+	-	0
Tömning	+	+/-	+
Bränning av fjolårsförna	+	+	+
Blå bård	0	+	+
Isskjuvning	+	+	+
Skötsel (slåtter eller bete) av landskapselement vid våtmarken	0	+	+
Fiskfritt	+	+	0
Odling av fisk eller kräftor	-	-	0
Hög biologisk mångfald i våtmarken	0	+	+

1 Kriteriet gäller för kväveretention. Utlakningen av kväve är störst på lätta jordar. För fosfor är sambandet mer komplext eftersom möjligheten att få material att sedimentera kan vara större samtidigt som utlakningen av fosfor ofta är lägre från lätta jordar.

6.3.1 Placering

6.3.1.1 Prioritering av områden

Figur 6 (sid. 35) visar de områden i Sverige där det är viktigast med våtmarker för näringsretention. Det prioriterade området omfattar en stor del av Götalands och Svealands slättnområden samtidigt som stor vikt läggs vid anläggning av våtmarker nära kusten. Att södra Götalands slätt- och mellanbygder har prioritet 1 innebär att en stor andel av våtmarkerna bör placeras i detta område.

För den biologiska mångfalden är det viktigt att våtmarker i första hand placeras i slättnområden eftersom det är sådana områden som har påverkats mest av sjösänkning och utdikning. Det är även i dessa slättnområden som störst förekomst finns av de hotade våtmarksarter som är beroende av den öppna miljö som odlingslandskapet utgör. Viktigt är därför att påpeka att för den biologiska mångfalden behöver även våtmarker anläggas i slättnområden i inlandet, utanför det prioriterade området för näringsretention. Även i dessa områden kan våtmarkerna fungera som effektiva näringsfällor, även om deras effekt på havsmiljön är begränsad.

Eftersom de våtmarker som anläggs med näringsretention som huvudsyfte till stor del ska lokaliseras till intensivt odlade slättnområden kan de även spela en viktig roll för den biologiska mångfalden. Genom att beakta de kriterier (för placering, utformning och skötsel) som är positiva för biologisk mångfald och som samtidigt inte innebär en negativ inverkan på näringsretentionen kan den biologiska mångfalden stärkas utan att våtmarkens reningsförmåga försämras. Dock har många av de våtmarker som idag anläggs för näringsretention en begränsad effekt för den biologiska mångfalden, speciellt för de mest hotade arterna.

6.3.1.2 Placering i landskapet

Det viktigaste kriteriet för våtmarker som anläggs med näringsretention som huvudsyfte är att koncentrationen och belastningen av näringsämnen är hög. Placering i landskapet ska därför ske i områden med intensivt jordbruk, där våtmarkens tillrinningsområde till stor del utgörs av åkermark. Även för biologisk mångfald är det viktigt med våtmarker i sådana områden eftersom det ökar variationen i ett annars enhanda landskap. Dock är det inte säkert att det omvända förhållandet gäller, dvs. att en våtmark som placeras i ett intensivt odlat landskap för att gynna biologisk mångfald även har en hög näringsbelastning. Om syftet är näringsretention är det därför viktigt att alltid beakta kvalitetskriterierna för placering i landskapet (mikronivån).

Det finns ett värde både ur natur- och kulturmiljösynpunkt i att nya våtmarker anläggs på platser där det tidigare varit våtmarker. Förutsättningarna för att våtmarken ska smälta in i miljön, för naturliga vattenståndsfluktuationer och organismernas spridningsmöjlighet från intilliggande vattensystem är oftast bättre där. Genom att studera historiska kartor kan man få en bra bild av vilka områden som tidigare varit våtmark.

För den biologiska mångfalden är det viktigt att betona att det behövs olika typer av våtmarker inom en region och att de olika våtmarkstyperna finns representerade inom många olika regioner. Detta innebär att även våtmarker med låg näringsbelastning är önskvärda för den biologiska mångfalden. Näringsrika våtmarker kan vara viktiga för vissa organismer, medan andra arter ställer krav på mindre näringsrika miljöer. För den biologiska mångfalden är det framför allt angeläget att restaurera de våtmarkstyper i odlingslandskapet som drabbats hårdast av 1800- och 1900-talets torrläggning och upphörd hävd. Detta tydliggör att all biologisk mångfald inte kan gynnas genom att anlägga våtmarker som näringsfällor. Därför är det av stor vikt att behovet av våtmarker och olika våtmarkstyper för biologisk mångfald i odlingslandskapet kartläggs.

Restaurering av befintliga våtmarker kan vara motiverat och kostnadseffektivt oavsett om syftet är näringsrening eller biologisk mångfald. För att gynna den biologiska mångfalden är det dock viktigt att resurser satsas på restaurering och anläggning, medan målen för näringsrening till stor del bör uppfyllas genom anläggning av nya våtmarker. Eftersom resurserna är begränsade kan detta utgöra en målkonflikt.

6.3.2 Utformning

Även om våtmarkens huvudsyfte är näringsretention bör utformningen så långt det är möjligt anpassas för att gynna den biologiska mångfalden. För att gynna den biologiska mångfalden är det framför allt viktigt att beakta våtmarkens storlek och habitatheterogenitet.

En stor våtmark innebär ökade förutsättningar för biologisk mångfald eftersom fler habitat kan rymmas. Eftersom en stor våtmark oftast har en större volym och längre uppehållstid än en liten våtmark kan dessutom en större andel (i procent) av näringsämnen avskiljas. Att utöka en våtmark medför dock ofta ökade kostnader vilket kan innebära att en utökning inte alltid bedöms vara kostnadseffektiv utifrån syftet att avskilja näringsämnen. Om våtmarken kan göras större utan stora extrakostnader är det dock ett effektivt sätt att gynna de biologiska värdena.

I grunda våtmarker ges förutsättning för riklig vegetation och hög vattentemperatur vilket är gynnsamt för såväl näringsretention som biologisk mångfald. Medeldjupet bör inte vara större än 1 meter för att få riklig vegetation i våtmarken. En varierad vegetation skapar förutsättningar för stor artrikedom och kan även vara en fördel för denitrifikationen. Om klonbildande växter som vass och kaveldun får breda ut sig ohämmat ökar risken för kanalbildning, vilket är negativt för näringsretentionen.

Vattenståndsfluktuationer minskar behovet av aktiv skötsel. Stora, grunda, översvämningsbenägna våtmarker som skapas genom dämning kan vara mycket effektiva både för biologiska mångfald och näringsretention. Anläggningskostnaden för sådana våtmarker är dessutom förhållandevis låg, vilket gör sådan placering och utformning mycket attraktiv om kostnaderna ställs i relation både till retention och biologiska värden.

Både biologisk mångfald och kulturmiljövärden gynnas av att våtmarken utformas med flacka stränder. En svag släntlutning underlättar skötsel med slåtter och bete och kan även ha en positiv inverkan på näringsretentionen i och med att det ger våtmarken möjlighet att expandera vid högflöden. Om enbart näringsretentionen beaktas kan en våtmark dock vara kostnadseffektiv även om kravet på flack släntlutning inte är uppfyllt. Branta stränder hindrar dessutom igenväxningen och kan vara ett sätt att mer långsiktigt behålla våtmarkens miljönytta för våtmarker där inte möjlighet finns för regelbunden skötsel. Viktigt är dock att hänsyn tas till kulturmiljön. Med branta kanter får våtmarken mer karaktär av en damm, vilket ur kulturmiljöhänseende inte passar in i alla miljöer, speciellt om dammen helt eller delvis omgärdas av dammvallar.

Omväxlande djup, öar och varierad vegetation ger, om det utformas riktigt, bra hydraulisk effektivitet samtidigt som det ökar variationen av livsmiljöer. Den biologiska mångfalden gynnas av att våtmarken utformas med tillfälligt översvämmade områden, uddar och vikar (flikighet) eftersom det ökar habitatheterogeniteten. En sådan utformning kan även bidra till att våtmarken smälter in i landskapet på ett naturligt sätt. Flikighet kan dock ge våtmarken en sämre hydraulisk effektivitet. I våtmarker där förutsättningar finns för en mycket hög retention bör därför en utformning som kan försämra den hydrauliska effektiviteten undvikas. Avsteg från denna princip kan göras i våtmarker där den ytspecifika retentionen bedöms bli låg. Den ytspecifika retentionen ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$) minskar vanligtvis ju större våtmarken är.

Om det inte finns möjlighet till regelbunden skötsel är risken för igenväxning stor, vilket på sikt försämrar funktionen både för näringsretention och biologisk mångfald. Viktigt är därför att våtmarkerna placeras och utformas med tanke på framtida skötsel. Detta innefattar bl.a. tillgänglighet till våtmarken, släntlutningar, tömningsmöjligheter och våtmarkens form. Nivå-sänkingsanordningar har en viktig funktion att fylla, både för att genom sänkning av vattennivån underlätta skötseln samt för att skapa vattenståndsfluktuationer.

Våtmarker kan ytterligare anpassas för att gynna den biologiska mångfalden om strandängar och omgivande habitat beaktas vid anläggning och skötsel. Många djur behöver gömställen och övervintringsplatser, varför det är en fördel att småmiljöer som grenhögar, döda träd m.m. finns i våtmarkens närhet. Strandängar som utgör häckningsplats för vadarfåglar bör dock hållas fria från träd eftersom de utgör utkiksposter för kråk- och rovfåglar. Den biologiska mångfalden gynnas även av att brukningsfria kantzoner etableras på åkermarken kring våtmarker. Detta minskar även läckaget av näringsämnen från åkern.

En intressekonflikt för våtmarker som anläggs på åkermark kan vara huruvida matjorden bör tas bort eller ej. För att förhindra ett läckage av näringsämnen, framför allt fosfor, från den åkermark som sätts under vatten är det ofta lämpligt att ta bort matjorden i samband med anläggning. Dock är det viktigt, både för den biologiska mångfalden och för näringsretentionen, att våtmarken är bevuxen. Om en åker är bevuxen med t.ex. vallgräs kan det därför vara fördelaktigt att behålla matjord och befintlig växtlighet. Det organiska materialet i matjorden kan även gynna denitrifikationen. Vid anläggning av våtmarker för näringsretention gäller som grundprincip att matjorden bör tas bort om våtmarken anläggs på åkermark men att undantag kan behöva göras om bortförseln av matjord bedöms försämra kostnadseffektiviteten (både schaktningskostnader och miljönytta inräknat). För våtmarker som anläggs främst för den biologiska mångfalden bör matjorden vara kvar.

6.3.3 Skötsel

Ett av de viktigaste kriterierna för såväl biologisk mångfald som kulturmiljövärden är regelbunden skötsel. Någon form av skötsel är även nödvändig för våtmarker för näringsretention.

Som tidigare nämnts är det önskvärda tillståndet för en våtmark ur både retentions- och mångfaldsperspektiv ofta ett grunt system med måttlig vegetationstäthet av varierande livsformer. Sådana våtmarker riskerar dock att växa igen vilket försämrar funktionen både för näringsretention och biologisk mångfald. För att bevara våtmarker i ett önskat stadium krävs därför någon form av skötselåtgärd, t.ex. slåtter, bete, vattenståndsfluktuationer eller tömning och utgrävning. Vilken skötsel som är mest lämplig beror på om syftet är kväve- eller fosforretention och hur stor vikt som läggs vid den biologiska mångfalden.

I våtmarker för näringsretention bör slåtter och annan skötsel av vegetationen i första hand utföras med syftet att öka den hydrauliska effektiviteten och vattnets omsättningstid i våtmarken. Om skörden av vattenväxter medför att ytan för denitrifikationsbakterier minskar eller att växtlighetens funktion att dämpa flödes hastighet och resuspension försämras kan det vara negativt för våtmarkens reningsförmåga.

Upprepad slåtter av klonväxter som vass och kaveldun, i kombination med vattennivåfluktuationer, minskar utbredningen av de klonbildande växterna och risken för kanalbildning genom våtmarken.

Om syftet med slåttern är att minska ohävdsväxter eller vassbälten är det ofta en fördel med tidig slåtter (maj-juni). Tidig slåtter är dock ofta negativt för den biologiska mångfalden. För den biologiska mångfalden bör slåtter ske sent, i södra Sverige från mitten av juli, så att de växter som man vill gynna hinner fröa av sig samt för att ta hänsyn till groddjur och häckande fåglar.

Bete i våtmarker är generellt sett positivt eftersom det hindrar igenväxningen. Framför allt är bete mycket gynnsamt för våtmarkens biologiska mångfald och kulturmiljövärden. För att gynna exempelvis vadarfåglar är det viktigt att betetrycket är så högt att vegetationen hålls ordentligt avbetad. Möjligheten att genom bete hålla tillbaka klonbildande växter ökar med ett tidigt betessläpp (i maj). Som framgår av avsnitt 5.4.4 kan dock djuren genom överbetning, tramp och fläckvis gödsling medföra ett läckage av näringsämnen från våtmarken. Om våtmarkens huvudsyfte är näringsretention behöver betesdriften därför anpassas för att motverka sådana effekter. En måttlig betesdrift kan uppnås med ett lågt djurantal, endast bete under lågvattenperioden, och att bete undviks innan växtligheten hunnit etableras ordentligt.

I våtmarker där det sker en omfattande sedimentation kan utgrävning av sediment behöva ske för att få en bestående avskiljning av fosfor och för att förhindra uppgrundning och igenväxning av våtmarken. Tömning av våtmarken underlättar slätter och utgrävning och är samtidigt ett effektivt sätt att bli av med oönskad fisk. Ofta är det en fördel både för näringsretention och biologisk mångfald om våtmarken hålls fri från fisk. Bottenätande fisk, som braxen, rör upp sedimentet när den söker föda, vilket kan leda till läckage av näringsämnen. Fisken kan även inverka negativt på t.ex. evertebratfauna (se Nolbrant 2000, Lundkvist 2003), och fågel-liv. Även kräftor kan genom betning och konkurrens missgynna många arter. Fisk- och kräftodling bör inte ske i våtmarker vars syfte är näringsretention eller biologisk mångfald.

6.3.4 Olika kriterier för retention av kväve och fosfor

Vissa kvalitetskriterier kan behöva behandlas olika beroende på om huvudsyftet är kväve- eller fosforretention.

Haven runt Sverige är huvudsakligen kvävebegränsade medan sjöar oftast är fosforbegränsade. Som framgår av avsnitt 4.3.1 är det dock angeläget att minska belastningen av både kväve och fosfor till havet. För vissa sjöar kan det dock vara motiverat att huvudsakligen begränsa tillförseln av fosfor. En våtmark kan fungera både som kväve- och fosforfälla men om förutsättningarna för sedimentation är begränsade betraktas våtmarken främst som kvävefälla.

För retention av kväve är denitrifikation den viktigaste processen, medan sedimentation är viktigast för avskiljningen av fosfor. Växternas upptag kan ha större betydelse för retentionen av fosfor än för kväve. Att föra bort växtnäring genom intensiv skörd av växter är mest motiverat om våtmarkens huvudsyfte är att avskilja fosfor. Utgrävning av sediment har störst betydelse för fosforavskiljningen samt för att förhindra en allt för stor uppgrundning av våtmarken. För kväveretentionen kan dock utgrävningen vara negativ om det leder till minskad tillgång på kol för denitrifikationsbakterierna. För våtmarker för fosforavskiljning betonas även vikten av en djuphåla innanför inloppet till våtmarken, för ökad sedimentation.

Utlakningen av kväve är generellt sett större på lättjordar. För fosfor är inte sambandet så enkelt. Utlakningen av fosfor är ofta lägre från lätta jordar jämfört med lerjordar, men variationen är stor beroende på t.ex. jordens mullhalt och mineralinnehåll. Möjligheten att få material att sedimentera kan vara större på lätta jordar eftersom partiklarna är större, men även andra faktorer har betydelse för mängden sedimenterbart material som kommer in i våtmarken.

För att undvika läckage av fosfor från sedimentet är det viktigt att bottenvattnet hålls syresatt. Åtgärder för att öka syresättningen är därför särskilt viktigt för våtmarker med syfte att avskilja fosfor. Läckage av fosfor från den mark där våtmarken anläggs kan undvikas genom att den fosforrika matjorden tas bort. Denna åtgärd kan dock inverka negativt på denitrifikationen, eftersom det minskar koltillgången för denitrifikationsbakterierna. En variation av växter i våtmarken kan vara en fördel för denitrifikationen eftersom växterna då vissnar ned vid olika tidpunkt och förmultnas olika snabbt, vilket förser systemet med en jämnare tillgång på kol.

För många våtmarker i odlingslandskapet är det osäkert om de överhuvudtaget har en renande effekt avseende fosfor. Om syftet med våtmarken är att avskilja fosfor är det därför viktigt att beakta följande kriterier som speciellt avser att stimulera fosforavskiljning och sedimentation:

- *Hög koncentration av tunga partiklar eller jordaggregat* som inte löses upp i vattnet ger förutsättningar för en hög fosforretention om tillräckligt *lång uppehållstid* kan skapas i förhållande till partikelstorleken.
- Faktorer som ökar mängden sedimenterbart material är *erosionsbenägna jordar och branta lutningar i våtmarkens tillrinningsområde*.
- Sedimentationsprocessen gynnas i relativt *grunda vegetationstäckta våtmarker*. Vegetation minskar flödes hastigheten och vågrörelsernas inverkan på sedimenten.
- *Våtmarken ska kunna expandera volymmässigt under kortare höglödesperioder*. Ett alternativ är att en del av flödet kan ledas förbi våtmarken.
- *Stillastående vatten bör undvikas* eftersom det ökar risken för syrebrist och frisättning av fosfor från sedimentet. Denna risk är störst vid lågt flöde under sommaren.
- *En djuphåla* bör anläggas *innanför inloppet* för sedimentation av tunga partiklar och för att dämpa vattnets rörelseenergi.
- För att förhindra läckage av fosfor från marken där våtmarken anläggs behöver *matjorden föras bort* vid anläggning på åkermark.
- Våtmarken bör om möjligt hållas *fri från fisk*, för att undvika resuspension.
- I många fall behöver sedimentet *grävas ut* med jämna mellanrum för att förhindra uppgrundning och för att få en bestående fosforretention.

6.3.5 Kulturmiljöhänsyn

Kriterier för kulturmiljöhänsyn vid anläggning och restaurering av våtmarker beskrivs i kapitel 8. Av tabell 4 framgår att det inte finns några direkta konflikter mellan kulturmiljövärden och biologisk mångfald. I stället är det så att de kriterier som är positiva för kulturmiljön, som restaurering av befintliga våtmarker, flacka kanter, vegetationszonering och hävd också är viktiga för den biologiska mångfalden.

Av tabell 4 framgår även att det inte råder några absoluta intressekonflikter mellan syftet näringsretention och kulturmiljöhänsyn. Detta förutsätter dock att det är möjligt att ge våtmarken en utformning som gör att den smälter in i landskapet på ett naturligt sätt. För våtmarker med näringsretention som huvudsyfte är inte utseendet på våtmarken det viktigaste utan dess effektivitet som näringsfälla. Om anläggningen inte kan utformas på ett sådant sätt att den smälter väl in i landskapet uppstår en konflikt med kulturmiljöintressena. En våtmark för näringsretention kan vara kostnadseffektiv ur näringsreningssynpunkt även om alla kriterier för kulturmiljöhänsyn inte är uppfyllda. Detta kan gälla både placering och utformning, t.ex. av vallar och slänthutning. En annan möjlig intressekonflikt är att en våtmark kan fungera som näringsfälla utan regelbunden skötsel, även om någon form av skötsel är nödvändig ur reningssynpunkt på lång sikt.

Det är viktigt att kulturmiljöaspekten finns med från början vid planering av våtmarker. Samråd med länsstyrelsen vid våtmarksanläggning fyller en viktig funktion. Kriterierna för kulturmiljöhänsyn ska alltid beaktas, men det kan uppkomma situationer där vissa kriterier inte kan följas fullt ut. Vad som avgör i det enskilda fallet beror på hur värdefull miljön är ur kulturhistorisk synpunkt och hur viktig våtmarken är ur miljöhänsyn. Kriterier som ska gälla alla våtmarker kan därför inte ges. Följande generella riktlinjer är dock viktiga att lyfta fram:

- Vid val av placering, utformning och skötsel ska alltid ett utseende eftersträvas som passar landskapsbilden.
- Samråd med länsstyrelsens kulturmiljöfunktion ska alltid ske vid anläggning av våtmarker.
- Våtmarker som inte kan uppfylla alla kriterier för kulturmiljöhänsyn lämpar sig bäst i områden som genomgått stora förändringar under modern tid (efter 1950).
- I kulturhistoriskt värdefulla områden ska alla kriterier för kulturmiljöhänsyn beaktas för att undvika en negativ inverkan på kulturmiljön.

7 Biologisk mångfald

7.1 Sammanfattning och förslag

Syfte med våtmarker för att stärka odlingslandskapets biologiska mångfald

- Våtmarker som restaureras eller anläggs i ett jordbrukslandskap som är fattigt på öppet vatten skapar en variation som, oavsett förekomst av rödlistade arter, gynnar den biologiska mångfalden.
- Våtmarkens värde ökar om den bidrar till att skapa en mångfald av olika våtmarkstyper inom en region.
- Våtmarkens värde ökar ju mer livsrum det skapar för rödlistade arter och andra arter vars förekomst i odlingslandskapet minskar.

Placering

- *Götalands och Svealands slättbygder, liksom Öland och Gotland är högst prioriterade för anläggning och restaurering av våtmarker med syfte att gynna den biologiska mångfalden.* I dessa områden finns många hotade arter som är beroende av odlingslandskapets våtmarker. Våtmarker i slättbygder är särskilt prioriterade eftersom de ökar variationen i ett ofta enahanda jordbrukslandskap.
- Om syftet är att gynna biologisk mångfald är det vanligtvis *bättre att restaurera en befintlig våtmark än att anlägga en helt ny.* Våtmarker med lång kontinuitet har ofta en värdefull flora, även om den håller på att växa igen. Växterna finns ofta kvar i fröbanken och kan gro om förhållandena förbättras.
- Det finns ett värde i att *placera nya våtmarker på platser där det tidigare varit våtmarker* eftersom förutsättningarna för naturliga vattenståndsfluktuationer och spridningsmöjligheter från intilliggande vattensystem oftast är något bättre där.
- *Våtmarker bör placeras i låglänta förhållanden* och i de mest översvämningsbenägna delarna av befintliga vattensystem. Detta ger förutsättningar för att återskapa stora, öppna våtmarker med liknande förutsättningar som de en gång haft i ett historiskt perspektiv.
- För att underlätta kolonisering och spridning av arter är det *gynnsamt om våtmarker placeras nära andra våtmarker i landskapet.* Viktigt är även att beakta hur våtmarkerna hänger ihop med andra habitat som är viktiga för arter som utnyttjar våtmarken.
- Näringsfattiga våtmarker är sällsynta i dagens odlingslandskap. Vissa näringsfattiga våtmarker är artrika och hyser hotade arter. Därför är det *viktigt att även restaurera näringsfattiga våtmarker.*

Utformning

- En våtmark med stor variation i livsmiljöer, dvs. en hög *habitatheterogenitet*, ger *förutsättningar för en hög biologisk mångfald.*
- I grunda våtmarker ges förutsättning för en riklig vegetation och hög vattentemperatur. Vattenståndsfluktuationer minskar behovet av aktiv skötsel. *Grunda våtmarker med naturlig vattenståndsfluktuationer är därför gynnsamma för den biologiska mångfalden.*

- *En svag slänthlutning ökar strandzoneringen vilket gynnar mångfalden, speciellt om vattennivån tillåts att fluktuera. Flacka stränder underlättar dessutom skötsel med slåtter och bete.*
- *Uddar och vikar i våtmarken ökar strandlängden samtidigt som det kan öka strandzoneringen och skapa grunda eller översvämmade områden vilka är viktiga för många arter. Flikighet är därför gynnsamt för våtmarkens biologiska mångfald.*
- *De flesta våtmarker bör vara solbelysta eftersom många arter gynnas av en hög vattentemperatur. För mindre våtmarker kan bärande buskar och träd lämnas på våtmarkens norra sida som vindskydd för att höja vattentemperaturen. Om syftet med våtmarken är att gynna våtmarksfåglar ska dock våtmarken hållas fri från träd.*
- *Dämningssystem bör vara utformade så att vattennivån kan höjas och sänkas i våtmarken, och för att möjliggöra att våtmarken torrläggs helt vid behov.*
- *Sprutningsfria och bruksfria gräskantzoner minskar belastningen av näringsämnen och bekämpningsmedelsrester på våtmarken samt utgör en viktig biotop för växter och djur. Kantzoner bör därför etableras på åkermark kring våtmarker.*

Skötsel

- *För att gynna den biologiska mångfalden i anlagda våtmarker behövs en återkommande störning i form av slåtter, bete eller annan skötsel så att den naturliga successionen inte leder till igenväxning. Vålbevattade våtmarker är i dagens läge ovanliga. Även kantzoner runt våtmarken bör skötas med slåtter eller bete.*
- *Bete av våtmarker ger en mosaikartad miljö med omväxlande tuvor och välbetade områden, samt skapar en blå bård mellan land och eventuella vassbälten. Bete är därför mycket gynnsamt för den biologiska mångfalden i våtmarker.*
- *Vid bete bör betetrycket vara tillräckligt högt för att hålla våtmarken vålbevattad och förhindra igenväxning. För att gynna olika arter kan markerna vålbevattas intensivt i vissa våtmarker eller i vissa delar av våtmarken medan andra områden vålbevattas mindre intensivt.*
- *Olika kombinationer av bete och slåtter, eller slåtter med efterbete är gynnsamt för den biologiska mångfalden.*
- *Om möjlighet finns bör vassarna närmast land slå för att skapa en blå bård. Tidigt betessläpp gynnar skapandet av en blå bård.*
- *Om det är möjligt ska avslaget material föras bort eller brännas.*
- *Bränning av fjolårsvegetation, vass och gräsförna är en möjlig skötselåtgärd som ger smakligare bete och minskar förnaansamlingen.*
- *Vattenståndsfuktuationer begränsar vassvegetationen och minskar utbredningen av klonbildande arter som vass och kaveldun. Framför allt missgynnas de klonbildande arterna av långa och höga vårvattenstånd följt av sommarlågsvattenstånd i kombination med avslagning.*
- *Nivåsänkning eller tömning av våtmarken på sensommaren ger möjlighet till slåtter och bete av större ytor. Isskjuvning kan utnyttjas som skötselmetod om våtmarken töms eller vattenytan sänks så att sediment, rhizom och rötter bottenfrysas. Detta är speciellt lämpligt för att reducera bestånd av klonbildande arter samt för att bli av med oönskad fisk.*

7.2 Inledning

Skiftesreformerna under 1800-talet skapade förutsättningar för att stora arealer våtmark kunde torrläggas och läggas under plog. Före torrläggningen hade våtmarkerna i stor utsträckning använts för slätter med efterbete eller för slätter och bete i kombination. Torrläggningen var som mest intensiv i slutet av 1800-talet för att i stort sett upphöra på 1950-talet. I och med att slättjordbruket under efterkrigstiden specialiserades mot växtodling minskade behovet av våtmarker som fodermarker ytterligare. Även täckdikning och igenläggning av diken har bidragit till att utarma jordbrukslandskapet på vattenytor. Följden har blivit att många områden speciellt i slättlandskapen blivit mycket fattiga på våtmarker.

Av de återstående våtmarkerna är många igenvuxna. Igenväxning av våtmarkerna har påskyndats av att vattnet i sig blivit näringsrikare. Den naturliga vattenståndsregim, med årliga översvämningar, som tidigare präglat odlingslandskapets våtmarker har i mycket stor utsträckning slagits ut för att underlätta bruket av åkermark kring våtmarker och vattendrag. I och med detta har den naturliga vegetationszoneringen förstörts och igenväxningen ytterligare snabbats upp. De öppna hävdade våtmarkerna hör därför till de våtmarkstyper som minskat mest.

7.3 Våtmarkernas syfte

För biologisk mångfald kan våtmarkens artrikedom i sig vara ett mått på miljönytta. I andra fall kan miljönyttan vara att våtmarken bidrar till att en rödlistad art finns kvar i en långsiktigt livskraftig population. Att säkerställa att en viss våtmarkstyp finns representerad inom en region kan också vara den miljönytta som eftersträvas. Förändringarna i våtmarksmiljöerna har gått olika långt i olika regioner. En våtmark i ett jordbrukslandskap som är fattigt på öppet vatten innebär nästan alltid ett tillskott för den biologiska mångfalden eftersom den ökar antalet habitat i området. I detta kapitel lyfts tre olika syften för biologisk mångfald fram:

- Att skapa variation i enahanda åkerlandskap.
- Att skapa en representativitet av olika våtmarkstyper inom olika regioner.
- Att gynna rödlistade arter och andra arter vars förekomst i jordbrukslandskapet minskar.

7.3.1 Variation av våtmarkstyper

Det är inte bara arter som är knutna till våtmarker som visar på en stark tillbakagång. Viktigt att påpeka är att olika typer av våtmarker har försvunnit i varerande omfattning. Mångfalden av olika våtmarkstyper inom olika regioner har därmed minskat. I Naturvårdsverkets förslag till nytt miljö kvalitetsmål för biologisk mångfald föreslås att länsstyrelsen och andra regionala intressenter ska ta fram åtgärdsprogram för restaurering av olika naturtyper (gäller även andra naturtyper än våtmarker). Framtagandet av sådana åtgärdsprogram kräver kunskap om dels vilka biotoper som är mest skyddsvärda eller som det råder brist på i ett landskapsperspektiv, dels var bristen på olika biotoper är störst och vilka som bör prioriteras i olika regioner (Naturvårdsverket 2003b). Åtgärdsprogrammen är angelägna för att våtmarkerna på ett effektivt sätt ska kunna bidra till att de nationella målen för biologisk mångfald ska kunna nås. Planering kan även behöva ske på riksni-vå, exempelvis för placering av våtmarker längs fåglars flyttstråk.

7.3.2 Hotade arter som är beroende av odlingslandskapets våtmarker

För vissa hotade våtmarksarter är det nödvändigt med särskilt riktade åtgärder för att säkerställa överlevnaden för arten i fråga. Naturvårdsverket ansvarar för utformandet av åtgärdsprogram för hotade våtmarksarter. Åtgärdsprogram har tagits fram för ett tiotal våtmarksarter. I dessa program, t.ex. för klockgroda, stinkpadda och grönfläckig padda pekas områden i Sverige ut där åtgärder, som anläggning och restaurering av våtmarker, bedöms kunna få väsentlig betydelse för arternas överlevnad.

ArtDatabanken samlar information om de arter som pga. olika hotfaktorer löper störst risk att försvinna från landet och arter som redan försvunnit. En lista över dessa arter publiceras vart femte år – den så kallade rödlistan som år 2000 omfattade 4 120 arter (Gärdenfors 2000). Nedan följer en analys gjord utifrån ArtDatabankens databas där information om hotstatus, hotfaktorer, biotopkrav m.m. samlats för de rödlistade arterna.

Av de rödlistade arterna är det totalt 802 som förekommer i våtmarksmiljöer (tabell 5). Flera av dessa arter utnyttjar också en rad andra miljöer. Eftersom denna rapport avser våtmarker i odlingslandskapet ingår inte de arter som i huvudsak lever i skogslandskapet, fjällen och i havspåverkad miljö i analysen. Analysen omfattar således totalt 560 arter, där skalbaggar, sländor, fåglar, mossor och kärlväxter utgör de artrikaste organismgrupperna (tabell 6). Artantalen bör betraktas med en viss osäkerhet eftersom kunskapen om de reella hotfaktorerna för flera arter kan vara bristfällig. Databasernas struktur kan dessutom medföra problem eftersom vissa hotfaktorer inte berör arterna just i jordbrukslandskapet. Exempelvis utsätts flera våtmarksfåglar för jakt under flyttning och rastning i andra länder. Vidare råder viss tveksamhet huruvida en art bör klassificeras som jordbruksart eller inte. Detta gäller speciellt arter som framförallt lever i kustnära våtmarker. Nämda felkällor bedöms dock inte ha någon inverkan på de generella mönster som presenteras här.

Tabell 5: Antal rödlistade våtmarksarter fördelade på biototyp och rödlistans sex hotkategorier: Försvunnen (RE), Akut hotad (CR), Starkt hotad (EN), Sårbar (VU), Missgynnad (NT) och Kunskapsbrist (DD). Kategorier CR, EN och VU utgör sammantaget gruppen Hotade. Dessa löper minst 10 % risk att försvinna inom 100 år. Tabellen särskiljer totalt antal rödlistade arter (Alla) och antal rödlistade våtmarksarter som antas ha någon form av koppling till odlingslandskapet (Öppna naturtyper).

Biotop	Alla	Öppna naturtyper							
	Rödlistade	Rödlistade	Hotade	RE	CR	EN	VU	NT	DD
Mosse	61	32	11	5	1	2	8	14	2
Fattigkärr	93	58	22	6	2	3	17	24	6
Rikkärr	199	147	62	9	8	18	36	68	8
Klipp- och stenstrand	37	18	7	2	1	3	3	8	1
Sand- och lerstrand	223	176	71	14	8	22	41	69	22
Strandäng	188	142	72	7	9	19	44	50	13
Vass och sävbälte	85	68	31	4	4	6	21	23	10
Bäckstrand	207	111	54	7	5	13	36	36	14
Älv och åstrand	268	165	76	12	7	14	55	52	25
Källa och källkärr	62	42	18	4	4	2	12	18	2
Tillfälliga vatten	76	70	26	6	7	7	12	30	8
Småvatten	205	181	89	11	11	31	47	61	20
Dystrof sjö	31	25	11	2	1	3	7	9	3
Oligotrof sjö	92	84	46	3	10	10	26	23	12
Eutrof sjö	88	79	42	2	5	13	24	26	9
Kalkoligotrof sjö	20	20	15	1	5	4	6	3	1
Alla våtmarksmiljöer	802	560	259	37	35	71	153	192	72

Det är vanligt att en art berörs av flera hotfaktorer samtidigt. För att gynna de arter som berörs av flera hotfaktorer behöver alla bakomliggande aktiviteter elimineras eller åtminstone kraftigt begränsas. I många fall kan det även vara nödvändigt med restaurering och specifik skötsel av berörda våtmarker för att behålla arterna.

De hotfaktorer som berör våtmarksarter som förekommer i öppna landskapstyper kan indelas i sex kategorier (Tabell 7): 1) För lite hävd, 2) För mycket hävd, 3) Annan biotopförändring, 4) Övergödning, utsläpp m.m., 5) Artinteraktioner och 6) Övriga faktorer.

De flesta våtmarksarterna hotas av ingrepp som ger en *direkt förändring av biotopen* (451 arter). Av dessa är ökad dränering, vattenreglering, igenläggning av småvatten och igenväxning av öppen mark som följd skogsplantering de som berör flest arter. Många arter berörs även av hotkategorin *övergödning, utsläpp m.m.* (216 arter).

Hävdens betydelse för de rödlistade arterna är inte entydig. En stor andel arter hotas av *minskad hävd* (222 arter), men det finns även arter som hotas av *för mycket hävd* (60 arter). Av de sammanlagt 254 arter som på något vis berörs av hävdens omfattning uppges dessutom 33 arter vara hotade av både för intensiv och för extensiv hävd. Ett exempel på detta är stor ögontröst, *Euphrasia rostkoviana rostkoviana*, som växer i kalkfuktängar och i Skåne även i måttligt blöta kalkkärr. Sådana marker är i våra dagar i regel hävdade med bete. Igenväxning, skogsplantering och gödsling är de huvudsakliga hoten mot stor ögontröst. Arten är konkurrenskänslig och kvävs snabbt vid upphörande hävd eller vid gödsling. Den är också känslig för överbetning. Däremot uthärdar den en lätt beskuggning av glest lövverk. Utdikning av kärr och fuktängar är en annan hotfaktor som drabbar stor ögontröst. När den växer i kärräng är den inte så hävdberoende som när den växer i fuktäng, men är i gengäld extremt känslig för dränering.

Bland de övriga faktorerna utgör effekter av liten population (12 arter), exploatering (6 arter) samt friluftsliv och turism (2 arter) de viktigaste hoten. Därtill kommer 24 arter för vilka hotorsaken är okänd.

Även om fler rödlistade arter missgynnas av minskad hävd jämfört med ökad hävd är det omöjligt att gynna samtliga arter med likartade åtgärder. Följaktligen krävs en mångfacetterad strategi. Detta kan ske genom att vissa våtmarker i ett område eller vissa delar av en våtmark hävdas intensivare medan andra våtmarker eller delområden hävdas mindre intensivt. Risken för överdriven hävd i form av bete finns främst i södra Sverige där stora djurbesättningar koncentreras på ett fåtal gårdar, medan risken för otillräcklig hävd är större i norra Sverige med påföljande risk för igenväxning. Äldre tiders betesdrift var förmodligen mer extensiv på våta marker än vad den nu kan vara på vissa lokaler med negativa effekter på fauna och flora som följd. De arter som är känsliga för hårt betestryck och medförande slitage missgynnas dock på sikt om hävden upphör helt eftersom de då hotas av igenväxning.

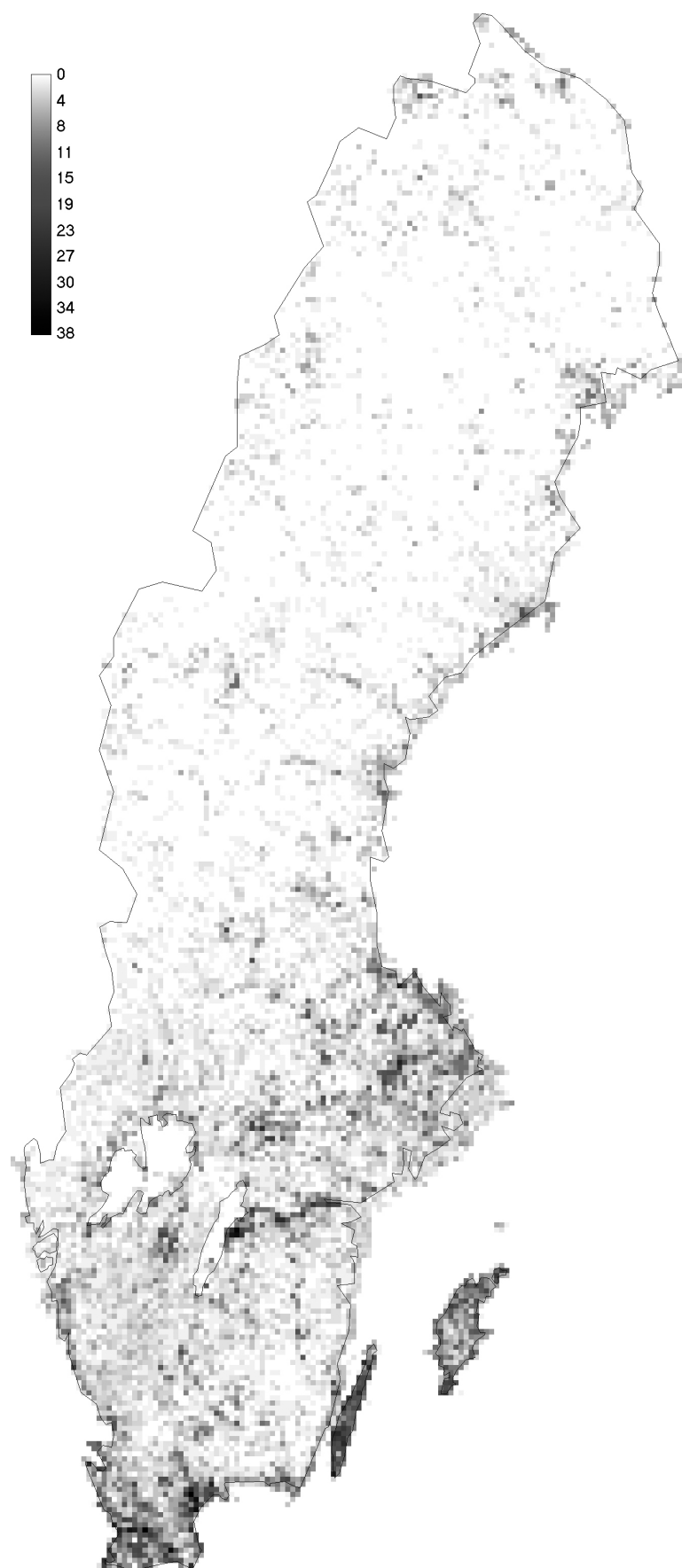
Tabell 6: Antal rödlistade våtmarksarter som förekommer i öppna miljöer fördelat på organismgrupp och rödlistans sex hotkategorier: Försvunnen (RE), Akut hotad (CR), Starkt hotad (EN), Sårbar (VU), Missgynnad (NT) och Kunskapsbrist (DD). Kategorierna CR, EN och VU utgör sammantaget gruppen Hotade. Dessa löper minst 10 % risk att försvinna inom 100 år.

Organismgrupp	Rödlistade	Hotade	RE	CR	EN	VU	NT	DD
Kärlväxter	85	56	5	8	15	33	22	2
Kransalger	19	14	1	5	5	4	3	1
Mossor	62	21	5	1	5	15	24	12
Svampar	9	3	0	0	1	2	5	1
Lavar	5	2	0	0	1	1	0	3
Däggdjur	2	1	0	0	0	1	0	1
Fåglar	35	19	1	2	5	12	14	1
Kräldjur och groddjur	6	5	0	1	3	1	1	0
Fiskar	13	6	1	3	0	3	4	2
Steklar	6	2	0	0	2	0	3	1
Fjärilar	26	8	0	0	2	6	17	1
Tvåvingar	20	7	5	1	4	2	4	4
Skalbaggar	187	83	16	11	18	54	68	20
Halvvingar	9	8	0	0	3	5	1	0
Hopprätvingar	3	1	0	0	1	0	2	0
Sländor	36	10	1	1	1	8	11	14
Mångfotingar	0	0	0	0	0	0	0	0
Spindeldjur	10	3	0	1	1	1	1	6
Kräftdjur	9	5	0	0	3	2	3	1
Blötdjur	17	5	2	1	1	3	8	2
Tagghudingar	0	0	0	0	0	0	0	0
Iglar och landplanarier	1	0	0	0	0	0	1	0
Alla	560	259	37	35	71	153	192	72

Tabell 7: Antalet rödlistade våtmarksarter som förekommer i öppna miljöer fördelat på hotorsaker och rödlistans sex hotkategorier: Försvunnen (RE), Akut hotad (CR), Starkt hotad (EN), Sårbar (VU), Missgynnad (NT) och Kunskapsbrist (DD). Kategorierna CR, EN och VU utgör sammantaget gruppen Hotade. Dessa löper minst 10 % risk att försvinna inom 100 år.

Hotorsaker	Rödlistade	Hotade	RE	CR	EN	VU	NT	DD
Alla	560	259	37	35	71	153	192	72
För lite hävd:	222	98	13	14	26	58	93	18
<i>För lite röjning</i>	79	28	5	2	7	19	38	8
<i>Minskat bete</i>	198	87	12	13	22	52	83	16
<i>Minskad slätter</i>	39	15	2	3	2	10	22	0
<i>Minskad vasstäkt</i>	2	0	0	0	0	0	1	1
<i>Upphört slitage</i>	15	7	1	1	2	4	6	1
För mycket hävd:	60	26	3	2	5	19	25	6
<i>För kraftig röjning</i>	12	4	1	0	1	3	5	2
<i>För intensivt bete</i>	31	14	1	0	5	9	15	1
<i>Slätter vid fel tid</i>	5	2	0	0	1	1	3	0
<i>Vasstäkt</i>	15	8	1	2	0	6	3	3
<i>Slitage¹</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
Annan biotopförändring:	451	211	28	31	54	126	168	44
<i>Igenväxning av mark</i>	150	64	11	9	19	36	60	15
<i>Torvbrytning</i>	12	3	0	0	0	3	7	2
<i>Restaurering av täkt</i>	48	19	3	2	5	12	20	6
<i>Vattenuttag bevattning</i>	62	27	2	5	6	16	25	8
<i>Vattenreglering</i>	207	97	12	13	19	65	72	26
<i>Vandringshinder</i>	8	4	0	1	0	3	4	0
<i>Ökad dränering</i>	274	125	17	18	30	77	107	25
<i>Igenläggning av småvatten</i>	174	79	13	8	25	46	66	16
<i>Invallning</i>	32	17	1	2	2	13	12	2
<i>Muddring</i>	52	30	1	1	8	21	18	3
<i>Annan bottenförändring</i>	6	5	0	2	2	1	1	0
Övergödning, utsläpp mm:	216	103	12	16	24	63	80	21
<i>Kalkning</i>	16	5	1	1	0	4	8	2
<i>Utsläpp försurande ämnen</i>	61	23	3	4	5	14	23	12
<i>Kvävenedfall</i>	64	23	1	3	4	16	32	8
<i>Gödsling o Eutrofiering</i>	151	72	8	13	18	41	57	14
<i>Pesticidanvändning</i>	31	16	2	2	3	11	10	3
<i>Rotenonbehandling</i>	5	3	0	0	0	3	2	0
<i>Andra organiska gifter</i>	11	9	0	0	3	6	2	0
<i>Syrgasbrist</i>	18	8	1	1	0	7	8	1
<i>För stor sedimentpålagring</i>	8	3	1	0	0	3	1	3
<i>Vattengrömling</i>	9	5	0	0	1	4	4	0
<i>Avfallsdumpning</i>	10	8	0	3	3	2	1	1
Artinteraktioner:	87	47	3	5	15	27	27	10
<i>Införda exotiska arter</i>	17	14	0	0	6	8	2	1
<i>Inhemskas arter</i>	23	16	0	3	4	9	4	3
<i>Försvinnande av annan art</i>	55	23	3	2	8	13	22	7
Övriga hotfaktorer	39	15	3	1	2	12	1	20

¹ Uppgifter saknas



Figur 8: Artpoolskarta som visar antalet rödlistade våtmarksarter i öppna miljöer som enligt ArtDatabankens observationsdatabas förekommer per ekonomiskt kartblad (5x5 km) i Sverige.

7.4 Placering av våtmarker för biologisk mångfald

7.4.1 Makronivån – var i landet som behovet av våtmarker är störst

Eftersom slättbygderna generellt sett är fattiga på öppna vattenytor är det i dessa områden som våtmarker har störst betydelse för att öka variationen i odlingslandskapet. Figur 8 ger en bild av hur många av odlingslandskapets rödlistade våtmarksarter som förekommer i olika delar av landet. För att gynna rödlistade arter krävs noggrann planering och speciell utformning för att det ska vara sannolikt att arten koloniserar våtmarken, varför det främst är planering på regional nivå som är viktig. Figur 8 antyder dock i vilka områden som flest åtgärder behöver genomföras för att gynna odlingslandskapets rödlistade våtmarksarter. Av figuren framgår att många rödlistade arter förekommer i slättbygderna samt på Öland och Gotland.

De områden i Sverige som är viktigast för anläggning och restaurering av våtmarker för att gynna den biologiska mångfalden är därför Götalands och Svealands slättbygder samt Öland och Gotland.

7.4.2 Förutsättningar för biologisk mångfald

Olika arter är anpassade till att klara olika miljömässiga förhållanden och en viss art kommer således av naturliga skäl endast att förekomma på vissa platser och saknas på andra. En del arter vill t.ex. ha rinnande vatten medan andra trivs i stillastående vatten. Det faktum att all biologisk mångfald inte kan förekomma överallt är viktigt att beakta när man planerar att restaurera eller anlägga våtmarker i odlingslandskapet. Genom att klarlägga syftet med våtmarken kan den utformas för att gynna de växter och djur som man önskar och som passar på den plats där restaurering eller anläggning ska ske.

Vid restaurering eller anläggning av en våtmark är det flera faktorer som påverkar vilka arter som kommer att få goda förutsättningar för att finnas i just det objektet. Vattenförhållandena på platsen är viktiga. Det kan t.ex. vara fördelaktigt att anlägga en våtmark på en plats där det tidigare funnits en våtmark trots att det idag inte finns något spår kvar av denna, eftersom det vittnar om lämpliga vattenförhållanden. Det omgivande landskapets sammansättning av biotoper samt närheten till andra våtmarker påverkar vilka arter som har möjlighet att kolonisera. Jordart och näringsstatus påverkar också förutsättningarna för den biologiska mångfalden liksom markhistorik, dvs. hur marken tidigare har brukats och vilka växter som tidigare funnits på platsen.

Vilka växter och djur som koloniserar våtmarken har även betydelse för våtmarkens reningsförmåga (Hansson 1998). Ett ensidigt växtsamhälle, som domineras av t.ex. vass eller kavedun kan förhindra att vattenutbyte sker i hela våtmarken och därmed försämras våtmarkens förmåga till näringsretention. Och om det finns fisk som bökar runt på botten av våtmarken ökar risken för resuspension av sedimenterat material vilket också innebär att våtmarkens renande förmåga minskas. Den biologiska mångfalden har med andra ord inte bara ett värde i sig utan påverkar även reningsprocesserna.

7.4.2.1 Det omgivande landskapet

Landskapets sammansättning påverkar den biologiska mångfalden, där en generell regel är att ett mer heterogent landskap har en större biologisk mångfald än ett ensidigt landskap (Robertson m.fl. 1990, Weibull m.fl. 2000). Vanligen finns flera olika typer av habitat i ett heterogent landskap och därmed kan även flera arter finnas (Forman 1995, Rosenzweig 1995). Ett mer heterogent landskap erbjuder även fler kanter och bryn mellan habitat där det bl.a. skapas ett mer optimalt mikroklimat som är gynnsamt för exempelvis växter och insekter.

Även det rumsliga mönstret av habitaten påverkar den biologiska mångfalden. Våtmarker har en större sannolikhet att bli koloniserade om de ligger i ett kluster av andra våtmarker eftersom spridningsvägarna blir fler och spridningsavstånden kortare. Anläggning och restaurering av våtmarker är enligt Sjöberg & Ericson (1992) därför mer angeläget om det sker i närheten av andra våtmarker. Inventeringar av anlagda våtmarker (1-8 år gamla) i odlingslandskapet har även visat att skog i närområdet höjer artantalet i våtmarken (Svensson m.fl. 2004). Detta förklarades med att gränsområden är mer artrika enskilda ekosystem och att sådana våtmarker kan koloniserar av arter hemmahörande i både odlings- och skogslandskapet. Om syftet är att gynna odlingslandskapets biologiska mångfald är dock närheten till skog inte alltid att eftersträva, eftersom det missgynnar vissa av odlingslandskapets arter, t.ex. vissa vadarfåglar.

Det omgivande landskapet utgör en artpool från vilken arter kan sprida sig. Det behöver alltså finnas våtmarker i det omgivande landskapet för att arter på naturlig väg ska kunna sprida sig till och kolonisera en nyanlagd våtmark. Spridningen i sig är en helt nödvändig process för att artsammansättningen ska kunna ändras t.ex. genom succession (Edenhamn m.fl. 1999). Spridningen försvåras om det finns hinder (spridningsbarriärer) av olika slag och om avståndet till befintliga våtmarker är stort. Spridningsavstånd och vad som kan fungera som spridningshinder varierar från art till art. Olika organismer har olika strategier och potential att sprida sig. En del sprider sporer och frön med vindens hjälp, medan andra sprider sig med hjälp av djur eller vattnets rörelser (Edenhamn m.fl. 1999). De artspecifika spridningssätten tillsammans med landskapets utseende ger förutsättningarna för spridning till restaurerade och anlagda våtmarker. Om en våtmark ligger isolerad från andra vattenmiljöer kan det därför ta lång tid för växter och djur att på naturlig väg spridas till våtmarken. I vissa fall kan det därför vara motiverat att aktivt flytta arter till en våtmark.

För fröspridda växter är spridning med djur den vanligaste strategin, och därefter kommer spridning med vindens hjälp (Howe & Smallwood 1982). Generellt sett är vindspridning mer effektiv i öppna marker medan djurspridningen är mer effektiv i skogsmarker. Växter som sprider sig med sporer och lättspridda vegetativa enheter (mossor, lavar och svampar, varav mossorna är särskilt viktiga i våtmarkssammanhang), har generellt sett möjlighet att sprida sig upp till en kilometer, även om de flesta sporena landar bara inom någon meter från själva spridningskällan (Söderström & Jonsson 1989). Det är även möjligt att sporer transporteras långa distanser med fåglar som stannar och vilar vid våtmarker längs med sina flyttstråk. Våtmarker som placeras längs fåglars flyttstråk kan därför innebära en fördel även för andra arter än fåglarna.

Generellt sett sprider sig arter inom begränsade områden, men ofta finns en potential till långdistansspridning om förutsättningarna är de rätta. Det är dock viktigt att komma ihåg att ett spridningsförsök inte automatiskt innebär en lyckad kolonisering. För att en kolonisering ska lyckas behöver oftast flera individer anlända till våtmarken samtidigt som våtmarken måste uppfylla de artspecifika habitatkraven. Vissa arter är dessutom beroende av flera habitat för att fullfölja sin livscykel, och kan ha behov av habitat utanför själva våtmarksmiljön. För dessa arter gäller ofta att de två (eller ibland flera) habitaterna inte får ligga för långt från varandra. Den sydsvenska lövgrodan är ett exempel på en art som reproducerar sig i vattnet men födosöker på land i buskar och högre vegetation. Det finns även exempel på arter som födosöker i våtmarker men reproducerar sig på annan plats. Detta gäller till exempel fladdermöss, där några arter är beroende av öppet vatten för att fånga föda. Således är det inte bara viktigt hur våtmarken hänger ihop med andra våtmarker. Vid val av placering är det även viktigt att beakta hur våtmarkerna hänger ihop med andra habitat.

7.4.2.2 Markanvändningshistorik

Som beskrivs mer utförligt i avsnitt 8.2 har våtmarkerna, ända fram till 1800-talets senare hälft, haft en stor betydelse som fodermarker i Sverige. Då plöjdes många av de tidigare ängsmarkerna upp och blev åkermark sedan stora dikningsföretag och sjösänkningar genomförts. Detsamma hände de näringsfattiga myrmarkerna, som i dagens läge knappt finns kvar i någon större utsträckning i södra och mellersta delarna av landet (Rydin m.fl. 1999). Våtmarker som inte torrlades de genomgripande dikningsföretagen och som därtill haft en lång kontinuitet av pågående hävd är idag ofta mycket artrika. En lång kontinuitet i markanvändningen, oavsett om det gäller slåtter eller bete, innebär att förutsättningarna för samexistens av konkurrerande arter påverkas till fördel för de konkurrenssvaga arterna. Med enbart anläggning av nya våtmarker är det inte möjligt att få samma biologiska värden som i de fall där befintliga våtmarker restaureras, även om nyskapandet sker på platser där det tidigare funnits våtmarker. Fördelen med att nyskapa våtmarker på sådana platser är att det finns möjligheter att utnyttja de befintliga vattendragen för spridning och för naturliga vattenståndsfluktuationer. För den biologiska mångfalden är det dock mycket viktigt att åtgärder inte bara vidtas för anläggning av nya våtmarker utan även för skötsel och restaurering av befintliga våtmarker där hävden inte upphört för alltför lång tid sedan.

Markanvändningshistoriken är en mycket viktigt pusselbit som förklarar varför vi har den mångfald vi har på en specifik plats. Det gäller framför allt hur våtmarken har hävdats men även hur markanvändningen i det omkringliggande landskapet sett ut genom historien. Att restaurera våtmarker gynnar inte bara den biologiska mångfalden utan gynnar även de kulturhistoriska värdena. Att vid restaurering ta reda på platsens markhistoria ger även svar på vilka arter som kan finnas i fröbanken. Stora fröbanker byggs upp i miljöer som utsätts för frekvent störning, som t.ex. vattenståndsfluktuationer i en våtmark (Svensson & Glimskär 1993). Våtmarksarternas frön passar på att gro vid tillfälliga lågvattenstånd, oftast så fort vattnet sjunkit undan efter vårfloden (Svensson & Glimskär 1993). Vilka arter som gro först kan variera mellan åren bl.a. beroende på temperatur och tidpunkt då lågvattenståndet inträffar. De arter som lyckas etablera sig tidigt i en våtmark påverkar sedan etableringen av andra arter.

Om fröbanken finns kvar eller ej beror även på hur marken har används under modern tid och hur länge den moderna markanvändningen pågått. I våtmarker som anläggs på åkermark saknas oftast fröbanken och våtmarken bli då i regel artfattig. Detta kan delvis kompenseras om våtmarken anläggs genom dämning av ett naturligt vattendrag som får svämma över åkermarken. På så sätt underlättas spridningen av arter från markerna uppströms. I våtmarker där vattenståndsfluktuationerna är mer eller mindre obefintliga spelar fröbanken en mindre roll. I sådana våtmarker tenderar växterna att sprida sig vegetativt, vilket gör att arter som bladvass och jättegröe lätt blir dominerande.

7.4.2.3 Näringsstatus

Våtmarkens näringsstatus och den näringsbelastning som kommer från omgivande mark har stor inverkan på förutsättningarna för den biologiska mångfalden. Hög näringsstatus och näringsbelastning leder till en snabbare igenväxning. Våtmarkens vegetation påverkar i sin tur flödet av näring i och med att näringen ackumuleras under växtsäsongen och frigörs under vintern.

Näringsfattiga våtmarker är sällsynta i dagens odlingslandskap. Generellt sett är näringsfattiga våtmarker dessutom relativt artrika. Även näringsrika våtmarker kan vara artrika och hysa hotade arter, men ofta finns en risk att en eller ett fåtal konkurrenskraftiga växter blir dominerande. Näringsrika våtmarker med naturligt fluktuerande vattennivå är ofta bra habitat för fågellivet (Moore m.fl. 1989), beroende på den höga produktiviteten och den stora frötill-

gången. Detta gäller speciellt innan de konkurrenskraftiga växterna blivit dominerande. Om våtmarkens näringsbelastning blir för hög ändras konkurrensförhållandena mellan arter i våtmarken så att de mer konkurrenssvaga arterna, som ofta är de sällsynta, försvinner (Begon m.fl. 1990). Detta gäller både växter och djur liksom förändrade interaktioner mellan växter och djur (Hansson 1998, Wendt-Rasch 2003). En annan negativ effekt av hög näringsbelastning kan vara en kraftig expansion av trådalger som kan bilda täta mattor, vilket förhindrar solljuset från att nå undervattensväxterna och orsakar syrebrist.

7.4.2.4 Bekämpningsmedel

Bekämpningsmedel (både insekticider och pesticider) från jord- och skogsbruket påverkar inte bara de växter och djur de är avsedda för. När bekämpningsmedelsrester hamnar i vattnet påverkas också närbesläktade växter och djur. Av tabell 7 framgår att pesticider utgör ett hot för över 30 rödlistade arter som är beroende av odlingslandskapets våtmarker. Ofta har bekämpningsmedlen både direkta och indirekta effekter på våtmarkernas ekosystem (Wendt-Rasch 2003). De indirekta effekterna visar sig genom att växt- eller djurplankton minskar i antal vilket i sin tur ger följeffekter i hela näringskedjan. Om en stor mängd djurplankton slås ut kan mängden växtplankton öka vilket kan resultera i en algbloomning (Wendt-Rasch 2003). När artantal och artsammansättning förskjuts påverkas våtmarkens funktion, både vad gäller näringsretention och biologisk mångfald, eftersom dessa ekosystemtjänster är beroende av att de arter, eller funktionella grupper som utför själva ekosystemtjänsterna är närvarande. Därför är det viktigt att skydda våtmarken från bekämpningsmedelsrester, t.ex genom anläggning av skyddszoner på åkermark runt våtmarken.

7.4.2.5 Markens pH-värde

Hur sur eller basisk miljön är påverkar också vilken typ av mångfald som finns i en våtmark. Basiska rikkärr hyser ofta stora biologiska värden. Med ordet ”rik” åsyftas inte näringsstatusen. Ett rikkärr är förhållandevis rikt på mineraler och har högt pH-värde, dvs. innehåller en hel del kalk. Ofta är artrikedomen hög i sådana kärr framför allt beroende på att det är näringsfattigt. Kärren har under de senaste 50 åren påverkats av försurningen, och trots att de kalkrika kärren naturligt har en mer buffrande förmåga har även dessa påverkats negativt (Rydin m.fl. 1999). Försök att restaurera dränerade och igenväxande rikkärr pågår inom forskningsprogrammet Naturvårdskedjan (Naturvårdskedjan 2003). De preliminära resultaten från projektet indikerar att restaurering av rikkärr är fullt genomförbara och lyckosamma eftersom den mångfald som är knuten till rikkärren har börjat att återkolonisera de restaurerade kärren (Sundberg 2003).

Våtmarker som har högt pH men samtidigt relativt hög näringsstatus har en annan artsammansättning än de näringsfattiga rikkärr, som framför allt förekommer på Öland och Gotland och i vissa skogsbygder. Fuktiga och våta ängar som är kväverika och basiska, som traditionellt sett har slagits och efterbetats kallas sidvallsängar (Rosén & Borgegård 1999). Näringen tillförs dessa ängar genom att marken tillfälligt översvämmas av närliggande vattendrag.

7.4.2.6 Bottensubstrat

Bottenförhållandena i en våtmark påverkar vilka arter som har möjlighet att kolonisera och finnas kvar. I och med att våtmarker oftast är fuktmättade råder viss syrebrist i botten. Bottensubstratets kornstorlek och organiska halt bestämmer tillgången på syre och närsalter vilket påverkar vegetationen (Svensson & Glimskär 1993). Grovkorniga jordar är känsliga för uttorkning och kan därmed lättare koloniserars av torktåliga ruderalarter (dvs. arter som förekommer på mark som ofta är kväverik och utsätts för frekvent störning). Hög organisk halt i bottensubstratet hänger ofta ihop med hög näringshalt, hög produktivitet och liten kornstorlek.

Grövre bottnar, som sand och grus, genererar ett artfattigt samhälle som växer glest och som dessutom är relativt erosionskänsligt. Om substratet varierar kan detta medföra att artantalet blir högre (Rydin & Borgegård 1988).

7.5 Utformning av våtmarker för biologisk mångfald

7.5.1 Variation i miljön gynnar biologisk mångfald

Precis som ett mer varierat landskap ger förutsättningar för fler arter än ett ensidigt landskap, så hyser en våtmark med stor variation av livsmiljöer, dvs. *hög habitatheterogenitet* också en potential att ha en hög biologisk mångfald. En och samma våtmark kan vara heterogen exempelvis vad gäller djupet eller kanternas flikighet. I en miljö med hög habitatheterogenitet finns goda förutsättningar för att olika arter ska hitta något ställe som passar just deras krav på livsmiljö. Variation i våtmarker skapar inte bara livsmiljöer, utan även skydd och gömställen, s.k. refugier, vilka är en förutsättning för vissa arters möjlighet att finnas kvar i våtmarken. Förutsättningarna för en hög biologisk mångfald är därför större i variationsrika våtmarker.

Våtmarker kan också vara olika varandra vilket skapar heterogenitet på landskapsnivå eftersom olika typer av våtmarker gynnar olika arter. Hur habitatheterogeniteten i en och samma våtmark kan påverkas är delvis beroende på våtmarkstypen. Det kan t.ex. vara svårt att låta vattennivån variera mycket i grunda våtmarker i ett flackt landskap en liten höjning av vattennivån kan ge stor påverkan på omgivande mark.

7.5.2 Storlek och djupförhållanden

Generellt sett ökar värdet för den biologiska mångfalden med storleken på våtmarken eftersom fler habitat då kan rymmas. Storleken på våtmarker med permanent vattenspiegel påverkar även vilken vegetation som finns där. Exempelvis finns andmatsväxter bara i små vatten som inte exponeras för vind och vågor.

En ökad vattenvolym kan dock sänka vattentemperaturen, framför allt om våtmarken görs djupare, vilket kan missgynna t.ex. insekter och groddjur som behöver en varm miljö för larvutvecklingen. Även vattnets omsättningstid har betydelse för temperaturen. Vegetationen tenderar dessutom att bli glesare vid större vattendjup, vilket gör att grunda våtmarker oftast är mer intressanta för den biologiska mångfalden. Även siktdjupet har stor betydelse för den biologiska mångfalden, framför allt för utbredningen av undervattensväxter.

Den biologiska mångfalden kan gynnas av ett varierat djup i våtmarken. När djupet varierar så varierar också syrehalten i vattnet, mängden ljus och temperaturen. Denna variation ger upphov till olika mikroklimat som gynnar olika arter. Vattendjupet i nyanlagda våtmarker kan påverkas relativt enkelt, speciellt vid själva anläggandet, genom att på vissa ställen gräva djupare. Där det är djupare än 0,6-0,7 meter kan inte vissa av de stora bledbladiga beståndsbildarna breda ut sig, t.ex. bredkaveldun, kalmus och igelknopp (Weisner 1991). Vass och smal-kaveldun kan dock växa djupare än 0,6-0,7 meter.

7.5.3 Släntlutning

Vid anläggning av våtmarker är det viktigt att tänka på släntlutningen. Det finns flera skäl att eftersträva flacka kanter runt våtmarken. Av stor betydelse är att de flacka stränderna är lättare att sköta med slåtter eller bete. En svag släntlutning mot en våtmark, ökar infiltrationen av vattnet, minskar erosionsrisken, och ökar strandzoneringen. En bred strandzon ger en mer uttalad fuktighetsgradient vilket skapar förutsättningar för en varierad vegetation. Många fågelarter gynnas också av de stora öppna ytor som skapas. Vidare ökas tillgängligheten för djur

som primärt inte lever i vattnet t.ex. harar och rådjur. Med flacka ständer kan små vattenståndsfuktuationer medföra att stora områden översvämmas. Flacka stränder gör dock att igenväxningsvegetation lättare breda ut sig, speciellt om näringsbelastningen är hög och vattenståndsfuktuationerna små. Regelbunden skötsel är därför ofta särskilt angeläget för grunda, flacka våtmarker.

För att gynna biologisk mångfald bör släntlutningen vara så flack som möjligt (exempelvis 1:20), och för att underlätta skötseln bör slänten absolut inte vara brantare än 1:7. Våtmarker med flacka stränder kan anläggas genom att utnyttja den naturliga topografin och placera våtmarken på ställen som översvämmas naturligt.

7.5.4 Flikighet

Om man har möjlighet att påverka våtmarkens ytterkant är det gynnsamt för mångfalden att den görs flikig. Flikigheten bidrar till ökad variation genom att fler grunda områden skapas där ljus- och temperaturförhållanden skiljer sig från resterande vattenmassa. Uddar i våtmarken fungerar som skydd och avskärmning för vissa arter. Flikiga kanter ökar även längden på strandremsan och ger möjlighet till ökad strandzonerings .

7.5.5 Öar

Öar kan gynna den biologiska mångfalden genom att skapa ytterligare habitat i våtmarken. Öar ger våtmarken en längre strandlinje samtidigt som de kan bidra till en längre strandzonerings, vilket i regel är positivt (se avsnitt 7.5.3). Öarnas släntlutning bör vara svag för att öka strandzonerings. Öar ger fåglar visst skydd mot rovdjur. Om ön ska fungera som häckningsplats för andfåglar bör de placeras minst tio meter från strandkanten, inte vara för höga och ha en svag släntlutning så att änderna kan ta sig upp på dem från vattnet (Feuerbach 1998). Om öarna ska fungera som häckningsplats för fåglar ska de vara bevuxna med låg vegetation och hållas fria från buskar och träd.

Flera små öar är att föredra framför en stor, dels för att gynna häckande fåglar men även för att det skapar variation i vattenmiljön. Kring öarna skapas ett mikroklimat som är gynnsamt för många arter. Öarna kan även fungera som skydd för arter som behöver gömma sig undan predatorer eller konkurrenter. Viktigt är även att öarna anläggs så att de smälter in i omgivningen på ett naturligt sätt.

Öar ökar risken för igenväxning. Eventuella öar bör därför placeras och utformas så att de naturliga vattenståndsfuktuationerna kan verka för att hindra att beståndsbildare som vass och kavedun tar över på öarna. Om vattendjupet överstiger 0,6 meter runt öarna hindras vassens utbredning (Weisner 1991) så att vattenytan behålls mellan ö och land. Öarna måste också skötas på något sätt så att de inte växer igen. De bör därför placeras så att man kommer åt att sköta dem med slätter eller bete. Skötseln underlättas dessutom om våtmarken är tömningsbar.

7.5.6 Träd, buskar och variation i solexponering

Träd och buskar vid våtmarker fyller ofta en viktig funktion för den biologiska mångfalden. Träden i sig kan fungera som substrat och föda för en rad andra växter och djur. De påverkar dessutom hydrologin i en våtmark. Hur mångfalden påverkas av solexponering eller beskuggning av träd och buskar beror på vad det är för typ av våtmark.

Solexponering höjer vattentemperaturen och ökar produktionen i våtmarken, vilket är positivt för utvecklingen av många insektslarver samt grodor och salamandrar. Mångfalden i mindre våtmarker med permanent vattenspegel kan dock gynnas av att det finns en del träd och bus-

kar i kanten, särskilt om dessa fungerar som vindskydd i ett öppet odlingslandskap. Om graden av beskuggning är för stor kan vattenvegetationen slås ut. För många arter är dock inte sambanden fullt så enkla. Lundkvist (2003) visade att artrikedomen av dykarbaggar bara minskade marginellt längs en gradient från solexponering till skugga, medan artsammansättningen däremot förändrades. Detta understryker att det krävs en variation av våtmarker för att uppnå en hög biologisk mångfald i odlingslandskapet.

För fuktiga till våta ängar har träd och buskar en negativ inverkan på ängsfloran, och hör av tradition inte till vissa av de öppna slåttade ängsmarkerna. På strandängar kan träden fungera som utkiksposter för kråk- och rovfåglar vilket är negativt för fåglar som häckar på strandängen. Våtmarker som anläggs för att gynna våtmarksfåglar bör därför hållas fria från träd. För lövängar ses träden dock som en tillgång för den biologiska mångfalden. För kalkrika kärr är träd och buskar en indikation på att marken håller på att växa igen. I de artrika kärren är växter och djur ljusälskande. Det gäller t.ex. orkidéer, snäckor och många insekter. Kalkrika kärr bör därför hållas fria från buskar och träd.

För åar och naturliga vattendrag kan träd och buskar vara en nödvändighet för fisk och vattenlevande insekter som trivs i mer skuggiga miljöer. I rinnande vatten bromsas igenväxningen av att det finns träd och buskar eftersom det hindrar etableringen av vass och andra beståndsbildare.

7.5.7 Fisk och kräftor

Fisk och kräftor utgör en naturlig del av faunan varför de i vissa sammanhang kan utgöra ett tillskott till den biologiska mångfalden. Ofta framhålls dock att fisken inverkar negativt på artrikedomen i våtmarken. Studier har visat att fisken minskar såväl artantal som individmängd av evertebratfaunan (se bl.a. Nolbrant 2003), vilket även missgynnar många våtmarksfåglar. Fisken kan även äta upp groddjurens larver och kraftigt beta ned vegetationen (gräskarp). Möjlighet till fiskfria förhållanden finns i våtmarker som regelbundet torkar ut eller ligger isolerade, vilka utgör en liten del av våtmarkerna. För att gynna arter som inte trivs med fisken kan det därför vara motiverat att försöka begränsa fiskförekomsten i våtmarken. Även kräftor kan konkurrera ut de arter som man vill gynna.

7.5.8 Våtmarkens närområde

Det kan vara motiverat att återskapa de naturliga vattendragens meanderlopp uppströms och nedströms våtmarken. Detta förlänger strandlängden och ökar vattnets uppehållstid, vilket är gynnsamt både för den biologiska mångfalden och näringsretentionen. För att minska näringsbelastningen kan även en sedimentfälla anläggas, exempelvis genom att göra en utvidgning av det tillrinnande vattendraget (Höök Partiksson m.fl. 1998).

I våtmarkens närområde är det även viktigt att spara eller iordningsställa småmiljöer som grenhögar, stenrösen, död ved och hålträd eftersom de utgör gömställen och övervintringsplatser för t.ex. groddjur, reptiler och insekter (Nolbrant 2003).

7.5.9 Brukningsfria kantzoner

För att minska tillförseln av näringsämnen och bekämpningsmedel kan en brukningsfri kantzon anläggas kring våtmarken. Kantzonen minskar även jorderosionen samtidigt som den biologiska mångfalden gynnas. I en brukningsfri kantzon kan till exempel fältharar och rapphöns finnas samtidigt som den ökar tillgängligheten för människor att komma ut i naturen. Kantzonen fungerar även som övervintringsplats för t.ex. jordlöpare och spindlar vilka fyller en viktig funktion som naturliga fiender till skadegörare i jordbruket. Kantzonen bör skötas med slåtter eller bete och bör inte behandlas med gödsel eller bekämpningsmedel. Det är även

en fördel om plöjning av kantzonen kan undvikas, åtminstone vissa år.

Brukningsfria kantzoner på själva åkermarken bör vara minst 6 meter breda (Höök Partiksson m.fl. 1998), gärna upp till 10 meter breda, för att minska avrinningen av lättlösliga näringsämnen och partiklar. Därtill är det en fördel om även ytterligare en minst 6 meter bred sprutningsfri kantzon avsätts på åkermarken.

7.6 Skötsel av våtmarker för biologisk mångfald

Olika fysikaliska störningsregimer är den viktigaste faktorn för att långsiktigt bevara en hög biologisk mångfald i ett våtmarksekosystem. Det är viktigt att inse att våtmarker är naturliga övergångsstadier mellan akvatiska och terrestra habitat, inte bara i rummet utan också i tiden. En anlagd, grund våtmark med öppet vatten, som lämnas utan skötsel, kommer med tiden sannolikt att utvecklas först till ett vegetationstäckt kärr med ett genomkorsande vattendrag och så småningom övergå till en björk, al- eller gransumpskog beroende på var i landet den befinner sig. Processerna som åstadkommer denna naturliga förändring är framför allt sedimentation, produktion i våtmarken samt succession av olika växter. Beroende på närings- och partikelhalt i inkommande vatten kommer dels material som tillförs våtmarken att deponeras i våtmarken som sediment, och dels kommer material som produceras i våtmarken att ackumuleras. Ackumuleringen av material sker framför allt om nedbrytningen i våtmarken är ofullständig vilket gör att det bildas starr- eller vasstörv. Detta leder till att vattendjupet minskar på grund av tillväxt av sediment- och/eller torv på botten. Minskat vattendjup leder till att högproduktiva klonbildande arter som bladvass, kaveln och jättegröe kan spridas över större ytor. Den producerade biomassan bidrar ytterligare till ackumulering av material och uppgrundning vilket i sin tur återigen ökar spridningsmöjligheterna för olika övervattensväxter. Så småningom vandrar vedartad vegetation in (till exempel björk, al, vide). Sådana positiva återkopplingsmekanismer gör att detta förlopp kan gå förvånansvärt fort i naturligt näringsrika system. I våtmarker som anläggs i odlingslandskapet där belastningen av näringsämnen är hög går förloppet sannolikt ännu snabbare.

I samband med successionen förändras även våtmarkens funktioner och därmed påverkas såväl reningsförmågan som den biologiska mångfalden. En våtmarks reningsförmåga förbättras ofta i början för att i ett senare utvecklingsstadium avta, framför allt beroende på att igenväxning och uppgrundning påverkar den hydrauliska effektiviteten och omsättningstiden negativt. För den biologiska mångfalden är inte sambandet lika entydigt eftersom olika arter gynnas av olika successionsstadier.

7.6.1 Syftet med skötseln

Perioden mellan en våtmarks anläggande och naturliga försvinnande består av en gradvis övergång i olika stadier, och det är där som vi genom olika skötselåtgärder kan bibehålla våtmarkerna i ett visst önskat utvecklingsstadium. För att gynna biologisk mångfald i ett landskapsperspektiv bör det finnas våtmarker i olika successionsstadier eftersom detta ger en större habitatvariation och därmed ett ökat antal nischer vilket i förlängningen leder till högre diversitet och artrikedom regionalt sett.

Det önskvärda tillståndet för en våtmark ur både renings- och mångfaldsperspektiv är ofta ett grunt system (dvs. relativt lågt vattendjup) med måttlig vegetationstäthet av varierande livsformer. Detta är ett naturligt instabilt tillstånd som snabbt kan övergå i ett igenväxningsstadium där de önskvärda ekosystemfunktionerna (vattenrening, mångfald) upphör att fungera. För att bevara våtmarken i ett önskat stadium krävs alltså någon form av skötselåtgärd, av vilka det finns flera att välja mellan (slåtter, bete, vattenståndsfuktuationer, bränning, tömning m.m.). De flesta skötselåtgärder har som huvudsyfte att störa vegetationsutvecklingen, men

även fisk kan vara föremål för störningen. Växtligheten har stor betydelse för övriga organismer och därmed den biologiska mångfalden.

Vegetationen påverkar även abiotiska förhållanden som vattenrörelser, vattendjup, siktdjup, vattentemperatur, pH-värde, syrgaskoncentration och redox-potential i sedimentet. Genom återkommande, kontrollerade störningar åstadkoms skiftande abiotiska förutsättningar i våtmarken. Med kunskap om livshistoriaegenskaper hos närvarande växtarter och spridningsmöjligheter från närliggande ekosystem kan skötseln anpassas för att hålla våtmarken i ett önskat successionsstadium och till viss del förutsäga vegetationsutvecklingen (van der Valk 1981).

För att gynna biologisk mångfald i en enskild våtmark bör man sträva efter en störningsregim som skapar och bibehåller ett så stort antal habitat som möjligt. I vissa fall kan det finnas skäl att genomföra riktade störningsåtgärder om man genom skötseln vill gynna en specifik art eller organismgrupp.

7.6.2 Slåtter

Slåtter av våtmarker har mycket gamla traditioner i Sverige. Våtmarker har nyttjats för foder-täkt i vårt land ända sedan järnåldern (se avsnitt 8.2). Den månghundraåriga traditionen av hävd av våtmarker och fuktängar har lett till en utveckling av en särpräglad flora och fauna i våtmarksekosystemen, samt skapat en värdefull kulturmiljö i odlingslandskapet. Från 1800-talet och framåt har däremot en kombination av sjösänkning, utdikning och upphörd hävd lett till att stora natur- och kulturvärden gått förlorade dels genom att våtmarker omformats till åkrar, dels genom att de återstående våtmarkerna inte längre hävdas vilket leder till igenväxning och förbuskning. Genom att anlägga våtmarker och sköta dem väl kan vi nu återskapa och bevara åtminstone en liten del av den rika biologiska mångfald i odlingslandskapet som dessa system en gång lade grunden för.

7.6.2.1 Effekt av slåtter

Den huvudsakliga effekten av slåtter är att dominansen minskar av klonbildande arter som vass, kavelkun och jättegröe på de våtaste partierna, samt av andra gräsarter på torrare partier, till förmån för en artrik örtflora. Regelbunden slåtter hindrar igenväxning och minskar föroreningssamlingen. Slåtter ger, till skillnad från bete, en jämn vegetation utan tuvor. Jämfört med bete är slåtter mindre selektiv eftersom alla arter över slåtterhöjden slås av. Slåtter gynnar lågvuxna och ljusälskande arter samt växter som hinner sprida sina frön innan slåtern. I vassstarrområden gynnas bland andra brunven, vattenmåra, ältranunkel, kråcklöver och vattenpilorört (Svensson och Glimskär 1993). Graminider (gräs-, tåg-, starr-, ag-, säv- och ullarter) är oftast relativt okänsliga mot slåtter (Svensson och Glimskär 1993). Effekten av slåtter påverkas också till stor del av tidpunkten och intensiteten (se nedan).

Jämförs effekterna av slåtter och bete tyder vissa rapporter på att slåtter ger högre artantal av växter på marker vid vattendrag och på fuktig ängsmark, medan bete är artmässigt fördelaktigare på strandängar (Svensson och Glimskär 1993). Med bete skapas lättare en blå bård, dvs. en zon med öppet vatten mellan land och vassvegetationen, som är viktig för vissa våtmarksfåglar i vissa typer av våtmarker.

7.6.2.2 Redskap

Vid slåtter bör skärande eller klippande redskap användas, t.ex. lie och knivslåttermaskin. Redskap som sliter eller river av vegetationen (t.ex. röjsnöre) är inte lämpliga i värdefull våtängsflora eftersom växterna blir trasiga i snittet, torkar ut och dör i förtid (Höök-Patriksson 1998). Om syftet däremot är att bekämpa oönskad vegetation som blivit dominerande pga.

svag hävd, t.ex. hallon, vass, brännässla och hundkex, bör slitande redskap användas, och avslagningen genomföras före frösättning.

7.6.2.3 Tidpunkt för slåtter och bortförsel av det slagna materialet

Tidpunkten för slåtter har stor betydelse för effekten. Generellt bör slåtter ske relativt sent, i södra Sverige från mitten av juli, så att växterna hinner fröa av sig och häckande fåglar hinner få ut sina ungar. Om syftet med slåttern är att minska oönskad vegetation eller vassbälten är dock andra tidpunkter lämpligare, och avslagning bör ske tidigare (se avsnitt 7.6.2.5).

Höet bör transporteras bort för att minska förnaansamling och näringsläckage. Efter slåttern kan höet få ligga kvar några dagar och torka så att växternas frön hinner falla av. Höet får dock inte ligga längre än högst tre dagar då det annars riskerar att kväva underliggande vegetation. Hö som förmultnar har också en gödslande effekt.

7.6.2.4 Røjning av vedartad vegetation

Om vedartad vegetation etablerar sig kring våtmarken bör den hållas efter. Framför allt dämmen och dammvallar ska hållas fria eftersom rötterna på sikt kan göra dessa otäta. Avslagning av sly och buskage bör göras vid behov, och det är viktigt att hålla uppsikt över snabbväxande arter som al, vide, säl, och asp som relativt snabbt kan vandra in antingen via fröetablering eller via vegetativa rotskott från närliggande bestånd. Ringbarkning kan vara ett effektivt sätt att bli av med asp.

Högre vedartad vegetation invid våtmarken kan påverka vindexponeringen vilken i sin tur kan ha stor betydelse för sedimentomlagring och vegetationsutbredning, framför allt i större våtmarker. Effekterna av vindexponering är att strandzonen skiljer sig åt mellan exponerade och oexponerade strandavsnitt. På den exponerade sidan (beror av den förhärskande vindriktningen) transporteras löst sediment bort och kvar blir grövre kornstorlekar (sand) vilket leder till fasta, hårda och relativt branta bottenar (transportbottenar). På den skyddade sidan sedimenterar i stället organiskt material vilket leder till att bottenarna blir mjuka och med hög halt av organsikt material i sedimentet (ackumulationsbottenar). Denna skillnad i sedimentstruktur och strandlutning påverkar i sin tur vegetationsutbredningen så att vassbältet på exponerade stränder oftast är smalare men har en större djuputbredning (högre maxdjup) (Weisner 1987). På skyddade bottenar kan vassen inte växa lika djupt, men där är å andra sidan oftast strandzonen bredare (grunda bottenar), vilket gör att vassbältena blir bredare. På skyddade strandavsnitt med mjuka bottenar får vassen problem med fasthållning i sedimentet och ofta släpper rötter och rhizom från botten, och ytterkanten av vassbältet blir ett gungfly (så kallad plaubildning).

Denna skillnad mellan exponerade och skyddade strandzoner ökar ju större våtmarken är och beror också på närhet till, och höjd på, skog och buskage runt våtmarken. Därför skulle man till viss del kunna styra detta genom att antingen låta träd och buskar vara kvar eller att avverka dem.

7.6.2.5 Intensitet och intervall vid vassbekämpning

Intensiv slåtter med täta intervall krävs framför allt för att bekämpa vassbestånd. För bekämpning av redan etablerad vassvegetation kan åtgärderna tidigareläggas om detta är möjligt. Vid igenväxningsförlopp då till exempel vassens utbredning ska minskas ges störst effekt om vegetationen slås av när skotten kommit upp över vattenytan men innan de gått i blom. Detta innebär i södra Sverige i slutet av maj eller början av juni. Därefter ska vattenståndet höjas om det är möjligt. Denna procedur ska upprepas när skotten kommit upp igen någon månad

senare. Detta är som tidigare nämnts dock negativt för häckande fågel samt groddjur, och man får då väga de kortsiktiga effekterna av en spolierad säsong för en del av faunan mot de långsiktiga effekterna av vassreduktionen. Ett alternativ är att slå av skottbiomassan i slutet av juli. Då har dock klonväxterna transporterat en hel del av energin ner i rhizomen, varför behandlingen måste upprepas flera gånger när nya skott kommit upp, och förmodligen flera år i rad. På så vis kan man på sikt utarma energireserverna, framför allt om man efter varje avslagning har möjlighet att höja vattenståndet. Ett annat sätt att öka utarmningen av oönskade vassbestånd är att kombinera vasslåtter med efterbete på de nya späda skotten.

7.6.2.6 Svårigheter med slätter

Slätter på mycket blöta marker kan vara svår att genomföra maskinellt eftersom markens bärrighet är dålig. Även borförseln av slagen vegetation kan bli ett problem. Våtmarkens utformning styr till mycket stor del hur lättskött den blir. Det är viktigt att våtmarken utformas med tanke på framtida skötsel och att den utrustning som kan bli aktuell för skötseln ska finnas tillgänglig i lantbrukarens normala maskinpark. Utveckling av specialfordon är inget rimligt alternativ annat i specialfall. I att utforma våtmarker för en rationell skötsel ingår också att planera för tillgängligheten med t.ex. framkomliga körvägar.

7.6.3 Bete

Betesdjuren påverkar vegetationen genom avbetning, tramp, slitage och fläckvis gödsling via spillning och urin. Betet kan pågå kontinuerligt under stor del av vegetationsperioden, och är till skillnad mot slätter en selektiv process. Eftersom betesdjuren i olika utsträckning föredrar att äta vissa arter och ratar andra uppstår ojämnheter i vegetationen med omväxlande kortsnaggade områden och mindre välbetade områden. Fläckvis gödsling bidrar även till att så kallade gödselsrator bildas. Härigenom uppstår en mosaikartad miljö som är synnerligen värdefull för våtmarksfåglar som tofsvipa, rödspov, brushane och kärrsnäppa. På sikt ökar gräsen sin andel, till skillnad från slätter som gynnar örter. Bete gynnar arter som har sin tillväxtpunkt svåråtkomlig vid eller under markytan. Krypande eller rosettformiga livsformer är därför vanliga på betade fuktängar. Sambete med flera olika djurslag på samma område är en fördel vilket ger bättre betesutnyttjande och bättre hävd.

En viktig effekt av framför allt nötkreatursbete är tillkomst av en så kallad blå bård som uppkommer genom att vassarna betas närmast land, vilket leder till att den inre vassfronten tvingas utåt och det uppstår en zon med öppet, grunt vatten mellan vassen och högstarrmaden eller strandfuktängen. I det grunda vattnet gynnas arter som svalting, knappsäv, igelknopp, blomvass, hästsvans och hornsärv. (Alexandersson m.fl. 1986). En blå bård uppstår lättast på skyddade stränder med mjukare botten. På exponerade stränder med hård botten kan betet göra att vassarna helt elimineras och en mer eller mindre vegetationsfri strand bildas.

7.6.3.1 Nötkreatur

Det är främst nötkreatur och får som används som betesdjur i våtmarksområden. Högproducerande mjölkkor kräver högavkastande betesmarker och tillåts sällan beta i mader, fuktängar eller andra våtmarksområden. Vanligast är att am- och dikor, kvigor, sinkor, och stutar utnyttjar dessa beten. Nötkreatur betar relativt selektivt. Nötkreatur betar även en bit ut i vattnet och om djuren har tillgång till vassbältet betas gärna de unga skotten av vass, kaveldun och säv. På hårda bottnar går djuren ut till drygt en meters vattendjup.

7.6.3.2 Får

Fuktiga och blöta marker undviks i vissa fall av får, men det finns även exempel på att får fungerar bra för våtmarksbete. Får betar mycket selektivt om de har möjlighet, men de kan vara en bra komplettering till nötkreatursbete. Exempelvis kan fåren beta ner älgört som nötkreaturen i de flesta fall ratar (Johansson m.fl. 1986).

7.6.3.3 Hästar

Hästar betar mindre selektivt än ungnöt och dessutom betas vegetationen på nötkreaturens betesrator. Om marken är fast och hård går hästar ut i vattnet för att beta t.ex. bladvass. Dock undviks oftast mjukare blöt mark på mader och våtmarksområden. Enbart hästar fungerar därför dåligt som naturvårdare i blöta marker, men en kombination av häst och nötkreatur är fördelaktigt. Hästar kan även fungera bra när en delvis ingenväxt mark ska restaureras eftersom de kan beta av gammalt förvuxet gräs. Exempel finns där islandshästar fungerat bra för våtmarksrestaurering.

7.6.3.4 Tidpunkt

Bete är en färskvara och kan inte sparas utan att kvalitet och utnyttjande försämras. Betessäsongens längd i södra och mellersta Sverige kan på strandängar omfatta ca 140 dagar. Betesdjuren kan släppas på när de övre partierna torkat upp något, runt sista veckan i maj eller tidigare, och säsongen kan pågå in i oktober om vädret tillåter. Det är en fördel om djuren kan gå ute även under vintern. Om våtmarksområdet hyser mycket häckande vadare riskeras dock trampskador på ägg och bon varför betesstarten kan behöva senareläggas till mitten på juni då fåglarna har hunnit få ut sina ungar. En sen betesstart kan dock ge ofullständig avbetning, och på längre sikt är svag hävd oftast ett större hot mot många fågelarter än enstaka söndertrampade bon.

7.6.3.5 Parasiter, dålig vattenkvalitet, giftiga växter

En orsak till minskat bete på fuktiga marker och strandängar är infektionsrisk framför allt av parasiter som leverflundra. Parasitrisken är störst i mindre vattensamlingar med dålig genomströmning och stillastående vatten. Parasiter kan motverkas genom några års betesvila där våtmarksområdet istället hävdas genom slåtter eller bränning. Till viss del kan parasiter även kontrolleras med avmaskningsmedel, men detta kan ha negativa effekter för det biologiska livet i våtmarken.

Stillastående vatten i mindre våtmarker kan bli otjänligt för djuren, framför allt genom för hög bakteriehalt. Då måste djuren stängslas ute från vattnet och annan vattenförsörjning iordningställas, samtidigt som andra skötselåtgärder får vidtas för att hålla efter strandvegetationen. Idisslare är särskilt känsliga för dålig vattenkvalitet och vid tveksamma fall bör ett vattenprov tas (Pehrson m.fl. 2001).

I Sverige finns framför allt en relativt vanlig, giftig växtart i våtmarksområden, nämligen sprängört (*Cicuta virosa*). Sprängört påträffas vanligen i gungflyn i ytterkanten av vassbälten men kan även växa närmare land. Framförallt roten är giftig och flera fall av förgiftning bland kreatur är kända även om det inte är vanligt. Om sprängört påträffas i betesområdet ska man rensa området från växten.

7.6.4 Kombination av bete och slåtter

7.6.4.1 Slåtter med efterbete

Ursprungligen har de flesta slåttermarker slagits och efterbetats. När vallproduktionen gjorde slåttern olönsam blev det i bästa fall endast bete på markerna. I vissa områden är betesdjur en bristvara varför slåtter ofta enda möjligheten till hävd av våtmarker. Om möjlighet finns bör dock efterbete tillämpas eftersom det är en mycket värdefull hävdform. Dels betas växterna ner efter slåttern, dels får man en blå bård ut mot vattnet som inte skötsel med enbart slåtter ger (Svensson och Glimskär 1993). Djuren kan släppas ut ca två veckor efter slåttern. Efterbete för bort ytterligare näring från ängen och minskar ansamlingen av förna. Djurens tramp blottar jord där fröspridda växter kan gro. Detta gynnar fler arter som annars kan ha svårt att etablera sig i ett tätt växttäck. Djuren kan även beta där det inte är möjligt att komma åt med slåtterredskap.

7.6.4.2 Bete med slåtter

Bete som huvudsaklig hävdform, men i kombination med slåtter används idag på en del håll i mindre skala. Hela strandängen betas vanligen hela säsongen. Djuren undviker då i stor utsträckning starrområden och dessa förblir relativt intakta och lämpar sig väl för slåtter under andra halvan av juli. Efter slåttern blir starråterväxten attraktiv för kreaturen, samt för en del gäss och vadare som gärna uppehåller sig i den slagna terrängen (Svensson och Glimskär 1993).

7.6.4.3 Trampskador

Trampskador kan ställa till med problem i våtmarker vars huvudsyfte är näringsrening. Djurens tramp leder till bortnötning av bindande grässvål vilket gör att erosionen ökar. Framför allt vid rinnande vatten kan mycket näringsämnen transporteras vidare i vattendraget om trampskador gör att vegetation inte kan etableras eller nöts bort. Särskilt stora skador uppstår lokalt i området om djuren av olika anledningar koncentreras till särskilda ytor på grund av tillgänglighet eller gångstråk. I värsta fall kan trampskador på vallar leda till att utloppsrör blottläggs och skadas vilket kan leda till att våtmarkens vattenflöde störs med okontrollerade översvämningar som följd. Det är viktigt att betesdjur inte släpps på förrän en grässvål hunnit etableras på vallar och andra känsliga ytor.

Trampskador är dock gynnsamt för den biologiska mångfalden, eftersom etableringen av konkurrensstarka, dominerande arter missgynnas samtidigt som mindre konkurrensstarka arter växtarter kan utnyttja de blottlagda jordpartierna som uppstår vid kreaturens tramp. I vissa typer av våtmarker, t.ex. källor och rikkärr, är djurens tramp nödvändig för att gynna fröspridda växter.

7.6.5 Vattenståndsfluktuationer

Många sjöar och vattendrag är i dag reglerade bl.a. för att förhindra översvämning och för att utvinna elektricitet. Effekterna av regleringar är att den naturliga vattenregimen suddas ut. Vanligtvis resulterar det i ett lägre och kortare högvattenstånd på våren och ett högre sommarvattenstånd än normalt. Denna minskning i amplitud mellan hög- och lågvatten gör att störningen på strandzonerna minskar både i omfång och frekvens, vilket i sin tur minskar vegetationszoneringen på strandängar och andra våtmarksområden. Minskade vattenståndsfluktuationer gynnar vassbildande arter som bladvass och kaveldun och missgynnar de flesta andra mindre konkurrensstarka våtmarksarterna. Resultatet blir ofta ett enhetligt vassbälte som

täcker hela strandzonen. För att behålla en hög biologisk mångfald bör därför naturliga vattenståndsfuktuationer eftersträvas med relativt höga vattennivåer på vinter och vår och sedan lågvatten under sommaren.

Vattenståndsvariationer kan förmodligen även användas för att på sikt minska befintliga vassbälten. Växthusförsök på unga vassplantor har visat att även måttliga variationer av vattenståndet (0,5 m) minskar tillväxten hos vass (Vretare m.fl. 2001). Om syftet är att minska vassbildande arters dominans är frekvensen på vattenståndsfuktuationerna viktig så att växterna inte hinner anpassa sig till ett visst djup utan hela tiden måste satsa energi på anpassning till en föränderlig vattennivå. I växthusförsöken gav en frekvens på vattenståndsfuktuationerna på 5 dagar ca 30 procent lägre biomassa jämfört med plantor som växt i konstant vattendjup. Det är osäkert hur detta resultat kan överföras till fält och för etablerade bestånd men rimligtvis bör upprepade vattenståndsförändringar under en växtsäsong leda till minskad tillväxt och minskad vattendjupsutbredning hos vass och övriga klonväxter. På så vis minskas risken för alltför stor dominans av perenna klonväxter. Vattennivåvariationer med sådan hög frekvens är visserligen tidskrävande, men kan ändå vara ett alternativ om det av olika anledningar inte går att slå av eller beta vegetationen i en våtmark.

7.6.6 Bränning

Bränning av förna och fjolårsgräs gynnar späd och betesaptitlig vegetation. Lätt bränning (stråbränning eller svedje) leder inte till några större förändringar av vegetationstypen. Dock gynnas växtarter med skyddade knoppanlag vilka kan få stor fröspridning. Stråbränning sker bäst under höst, vinter och vår, och helst när vattennivån är låg och gräsförnan torr. Avbränningen bör ske med låg eldintensitet, vilket man får om det är sparsamt med vegetation. Bränning på tjälad mark minskar risken för djupbränning vilket skadar rotsystem och fröbank. Betesdjur kan släppas på när vegetationen börjat spira.

Bränning (eller avslagning) av vass vintertid missgynnar inte vassstillväxten vilket många tror. Om vinterståndarna tas bort ökar stråtätheten nästföljande säsong eftersom skuggningseffekten uteblir. Vill man bli av med vassbestånd rekommenderas därför att inte bränna av vinterståndarna.

7.6.7 Issskjuvning

Isens verkan kan användas för att minska klonbildande vassvegetation. Framför allt om våtmarken är tömningsbar kan det vara lämpligt att helt eller delvis tömma våtmarken under vinter så att sedimentet fryser och rhizom och rötter skadas. Om våtmarken har bottenfrysit och vattenståndet hastigt ökas med höga vårflöden så reglerar även isen vassen genom att rycka upp den med rötterna. På våren när överlevande plantor skjuter skott bör en hög vattennivå bibehållas för att ytterligare stressa plantorna. När skotten nått över vattenytan sänks vattennivån så att det går att komma in med maskiner och slå av vegetationen varpå vattennivån återigen höjs. Även oönskad fisk stryker med när en våtmark fryser.

7.6.8 Tömning

Total tömning av våtmarker kan vara ett sätt att få bort oönskad, invandrad fisk. Det kan även vara ett sätt att stressa vassvegetation och ge möjlighet till bättre åtkomst för slätter över större ytor än som annars är möjlig. Till viss del är tömningen ett sätt att föryngra våtmarken eftersom toppredatorer som fisk eller, i fiskfria system, larver av trolsländor och dykarbaggar, försvinner och ger möjlighet för opportunistiska, predatorkänsliga arter att utvecklas innan predatorerna kommer tillbaka. Tömning bör ej genomföras före mitten av juli för att inte spolia reproduktion hos framför allt fåglar och groddjur.

8 Kulturmiljöhänsyn

8.1 Sammanfattning och förslag

Positivt för kulturmiljön

- Våtmarker har blivit en bristvara i landskapet pga. att våtmarker torrlagts under 1800-talet och framåt i syfte att få fram mer odlingsmark. Därför är det positivt att våtmarker framför allt restaureras, men också nyskapas i historiska lägen och i områden där de är sällsynta eller har försvunnit.
- Genom att skapa våtmarker och småvatten får man en variation i landskapet och en bild av hur odlingslandskapet såg ut innan sjösänkningar och dikningsepoken.
- Att återta ett traditionellt nyttjande av marken genom bete eller slätter på platser där hävden upphört, har ett kulturhistoriskt värde i sig.
- Positivt för kulturmiljön är när man i samband med restaurering av våtmarker även kan bevara och vårda karaktärsgivande landskapselement som exempelvis dämmen, diken, hässjor, lador och hägnader.

Negativt för kulturmiljön

- Våtmarker kan, när de anläggs på fel ställen, skada fornlämningar, byggnader eller andra landskapselement. De kan också bli störande inslag i landskapet om hänsyn inte tas till estetik, utformning och hävd.
- Odlingslandskapet är format av bebyggelse och odlingssystem i samverkan med naturgivna förutsättningar. Felplacerade våtmarker kan innebära att denna rumsliga organisation bryts och att landskapets delvis gömda strukturer utplånas. Detta kan göra det svårt för nuvarande och kommande generationer att läsa landskapets historia.

Kvalitetskriterier vid planering av våtmarker

- Ur kulturmiljösynpunkt är restaurering av befintliga våtmarker att föredra framför nyskapande.
- Samråd med kulturmiljösektorn bör ske tidigt i planeringsprocessen. Tidigt i planeringen bör även ett relevant kunskapsunderlag tas fram för att undvika anläggning av våtmarker i områden där det kan inverka negativt på kulturmiljön.
- Om anläggning av våtmarker ska ske i stor skala inom en region kan det vara lämpligt att ta fram en övergripande plan för regionen där tilltänkta våtmarker kan planeras in.
- För att ta hänsyn till områdets kulturmiljövärden behöver våtmarken utformas i samklang med odlingslandskapets kulturvärden. Detta sker genom att det tilltänkta områdets kulturhistoria utreds vilket kan ske genom att ta del av information från historiska kartor, fornlämningsregister, fältbesök m.m.

Kvalitetskriterier för placering, utformning och skötsel

- För att ta hänsyn till kulturmiljön vid anläggning av nya våtmarker bör våtmarkens utformning och placering beaktas, liksom också till våtmarkens vegetation och hävd.
- Våtmarker ska inte anläggas där de kan skada eller förändra fornlämningar, byggnader eller andra landskapselement.
- Nyanläggning av våtmarker bör ske i historiskt sett naturliga lägen, dvs. på platser som tidigare hyst våtmarker. Genom att studera historiska kartor kan man skapa sig en markhistorisk bild över större områden och i bästa fall ringa in områden i landskapet som tidigare varit våtmark.

- Grävda våtmarker vars huvudsyfte är att fungera som näringsfällor, som har utformats med branta kanter, relativt stort djup och öppen vattenspegel (s.k. småvatten), är en ny företeelse i landskapet som saknar historisk motsvarighet. Nyanläggning av denna typ av våtmarker lämpar sig bäst i landskap som genomgått stora förändringar under modern tid (efter 1950).
- Vid anläggning och restaurering bör man eftersträva att anläggningen utformas så diskret som möjligt och med ett utseende som passar landskapsbilden. Nyanlagda våtmarker som saknar förankring i landskapets historia ska placeras och utformas på ett sånt sätt att de inte stör omgivningen.
- Aktiv skötsel är en förutsättning för att uppnå god kulturmiljövård. Våtmarken bör hävdas genom bete eller slåtter eller på annat sätt som efterliknar resultaten från traditionell hävd.

8.2 Inledning

Sjösänkings- och dikningsepoken under 1800-talet och framåt har gjort att våtmarker har blivit en bristvara i odlingslandskapet. Att restaurera och anlägga våtmarker i historiska lägen och områden där de blivit sällsynta eller helt försvunnit är därför ett välkommet inslag i landskapsbilden. Stora arealer nyanlagda våtmarker kan komma att förändra kulturmiljön påtagligt. Kulturmiljön kan påverkas mer eller mindre, beroende på var och hur våtmarken placeras i landskapet men även på hur marken hävdas och vilken vegetation som växer på platsen. Anläggandet av våtmarker påverkar inte bara själva platsen där ingreppet görs utan även närområdet kring själva våtmarken. Tas ingen hänsyn till dessa aspekter förändras landskapets karaktär och utseende samtidigt som spåren efter tidigare generationers verksamheter riskerar att försvinna. Detta försvårar för kommande generationer att förstå landskapets historiska dimension och de processer som ligger bakom landskapets nuvarande form och innehåll (Benett Gårdö och Wiiburg 2001).

En undersökning av 55 våtmarker som anlagts med olika former av jordbruksstöd under 1990-talet i Södermanlands och Västra Götalands län visar att en god kulturmiljöeffekt bara uppstått i undantagsfall (Benett Gårdö och Wiiburg 2001). Undersökningen visar bl.a. att de flesta anläggningarna var grävda dammar och att andelen våtmarker med tydlig zonering mellan fast och våt mark var få. Flera av anläggningarna var inte färdigkonstruerade och schaktmassor hade i vissa fall inte planats ut eller fraktats bort. Många våtmarker saknade hävd och i en del fall hade landskapselement dränkts av vatten.

Landskapet har genomgått en stor förändring sedan slutet av 1800-talet och grundvattenförhållandena ser annorlunda ut idag än tidigare. Många av de våtmarker som anlagts under 1990-talet och senare har haft karaktären av småvatten, dvs. relativt djupa och med en öppen vattenspegel. De är följaktligen mer att betrakta som dammar än vad som traditionellt anses vara våtmarker. Ofta har det inte varit möjligt att dämna vattendrag för att skapa stora grunda våtmarkssystem, liknande de som funnits historiskt, eftersom detta inverkar alltför mycket på omgivande åkermark med anläggningspraktiska och ekonomiska problem till följd (Ekologgruppen 2001). Tidigare har exempelvis mangelgravar, bevattnings- och branddammars anlagts med karaktär av småvatten. Småvatten i sig är därför ingen ny företeelse i odlingslandskapet, även om anläggningar med huvudsyftet näringsfälla är något nytt. Därför behöver stora krav ställas på anläggningarnas placering, utformning och skötsel så att de väl smälter in i landskapet.

8.2.1 Våtmarken – en viktig naturresurs

Dagens kulturlandskap har till stora delar formats under tider då våtmarken var en viktig naturresurs. Vid järnålderns början, ca 500 f.Kr. blev människan mer bofast och började bruka fasta åkrar. Gödsel till åkern fick man från kreaturen som stallades på vintern och djurens foder tog man från ängsmarkerna där gräs och löv förvandlades till hö (Cserhalmi, 1998, Lindegård 2002). Fram till 1700-talet var arealen ängsmark mycket omfattande i vårt land. Det var ängens storlek som avgjorde hur många djur som kunde försörjas under vinterhalvåret och på så sätt styrde ängens storlek även tillgången på gödsel. Detta i sin tur inverkade på hur mycket åkermark som kunde odlas. Ängen slåtrades (slogs) med lie och efterbetades av boskap. Eftersom ängen endast i undantagsfall gödslades utarmades den med tiden (Cserhalmi 1998). Den ensidiga utsugningen av näring gynnade speciella växter som inte kunde konkurrera under andra mer näringsrika förhållanden vilket skapade en alldeles speciell biotop (Morell 2001).

Ofta låg ängsmarkerna i de lägre fuktiga delarna av byn och var med andra ord hävdade våtmarker. Ängar som gödslades naturligt av översvämmande vatten, eller påverkades av såväl stillastående som strömmande vatten, värderades högt. Där växte rikligt med starr. För att öka foderproduktionen röjdes, bearbetades och till och med gödslades ängen i vissa fall. I Sydsverige och i Norrland anlades översilningsängar, dvs. ängar där vatten leds från vattendrag till ängens högst belägna del varifrån vattnet fördelades genom ett dikessystem för att silas över ängen och slutligen fångas upp i avledningsrännor. I Norrland förekom även ängar som ställdes under vatten en begränsad tid, s.k. dammängar. Syftet med dessa anläggningar var inte bara att vattna ängen utan även att via vatten tillföra näring (Morell 2001). En lång kontinuerlig kulturpåverkan i form av slåtter, bete eller medveten vattenreglering är spår som visar hur våtmarkerna genom tiderna utnyttjats som en naturresurs. Dessa kulturhistoriska och biologiska spår utgör *våtmarkernas kulturarv* (Lindegård 2002).

8.2.2 1800-talet – Torrläggning av våtmarker och uppodling

I början av 1800-talet inträffade stora förändringar inom jordbruket. Laga skiftet brukar ses som startskottet till den agrara revolutionen. Befolkningsexpansionen gjorde att mer odlingsbar mark behövdes. Upplösningen av det gamla bysamhället med dess ägoblandning och fasta odlingsföljd gav bönderna möjlighet att utveckla användningen av sin mark på ett bättre sätt. Den största förändringen var att vallodling och cirkulationsjordbruk infördes, något som blev räddningen då ängsmarken givit allt sämre avkastning. Vallodlingen gjorde det möjligt att producera både människors och djurs föda på åkern (Cserhalmi 1989, Emanuelsson 2001).

Stor möda lades på att odla upp all ängsmark till åkermark. I västra Sverige hade stora delar av den sankna ängsmarken odlats upp redan under tidigt 1800-tal, men i östra Sverige pågick uppodling av ängen med särskild intensitet vid 1800-talets senare hälft. År 1920 nådde åkerarealen på detta sätt sin största omfattning, ca 3,8 miljoner hektar. Nyodlingen förekom i hela landet, särskilt i norra Sverige och då ända fram till omkring 1910. Tillväxten av den norrländska åkerarealen hängde samman med att småjordbrukare koloniserade Norrland, något som understöddes av den svenska staten. Från 1920-talet fick småbrukarna odlingsbar jord, oftast myrmark som de med stöd av odlingslån kunde odla upp (Morell 2001).

Efter laga skiftet dränerades åkermarken genom systematisk, öppen dikning. I västsverige, med dess tunga, ogenomsläppliga leror, grävdes från 1830-talet och framåt stora öppna avvattningsdiken till vilka öppna tegdiken var anslutna. Problemet med öppna diken var att de tog mycket mark i anspråk och krävde omfattande underhåll. Täckdikning löste dock dessa problem. Bonden vann mark, jorden torkade upp snabbare med en längre växtsäsong till följd, och förutsättningar skapades för rationell maskinanvändning. Täckdikningen tog först fart i

södra och östra Sverige. År 1920 var en fjärdedel av Sveriges hela åkerareal täckdikad. Täckdikningen var mest utbredd på Skåne- och Östgötaslätten, men även omfattande i Mälardalen och i Storsjöbygden, Jämtland (Morell 2001)

Sjösänkning och mossodling, dvs. uppodling av de torvbildande våtmarkerna, var de mest omfattande formerna av åkerutvidgning. Något som understöddes ekonomiskt av staten genom förmånliga lånemöjligheter och införandet av en speciell dikningslag 1879 (Emanuelsson 2001). I slutet av 1800-talet genomfördes flertalet storskaliga sjösänkingsprojekt. Mossodlingen var ett försök att odla upp mossar och kärr. Även detta innebar i många fall storskaliga projekt och staten svarade för en stor del av kostnaderna för dikningsarbetet. Under det sena 1880-talet då verksamheten var som mest intensiv, torrlades årligen 6 000 hektar genom bidragsberättigande projekt. Uppskattningsvis utvanns 150 000 hektar odlingsjord genom torrlägningsprojekt under 1800-talets senare hälft. På 1940-talet uppskattades att 600 000 hektar av landets torvmarker till slut hade odlats upp, dvs. en sjättedel av den totala åkerarealen. Mest vattenbunden jord torrlades i Skaraborgs län och i de tre nordligaste länen. Även i Smålandslänen, i Västmanland och på Gotland skedde en omfattande torrläggning (Morell 2001).

Som ett led i att torrlägga marker för att vinna ny odlingsmark rätades många åar som tidigare varit meandrande och fick en rak och djup fåra. Genom sjösänkningar och årätningar har arealen våtmark minskat mycket kraftigt sedan 1800-talet. Av forna kärr och mossar finns idag endast en bråkdel kvar. Andelen våtmark har minskat särskilt kraftigt i de stora jordbruksområdena. År 1870 beräknades ängarnas storlek i landet till nästan 2 miljoner hektar. Idag finns endast en liten spillra äng kvar (Larsson 1997). I och med att behovet av våtmarker försvann övergavs stora områden av kulturlandskapet. Trots att många av spåren som hägnader, hässjor och dammar också snabbt försvann när underhållet upphörde, finns det fortfarande kvar rikligt med lämningar som vittnar om våtmarkernas storhetstid (Lindegård 2002).

8.3 Kriterier för kulturmiljöhänsyn

8.3.1 Markanvändningshistorik

Stora delar av naturen är en produkt av de mänskliga aktiviteter som format landskapet. I det historiska landskapet existerade inte våtmarker som fristående objekt. De ingick oftast i komplexa sammansättningar av markområden med olika hydrologiska egenskaper baserade på de naturgivna förutsättningarna, och var dessutom formade av lång tids hävd och bruk (Moström 2002). Det är därför viktigt att ha ett brett perspektiv som omfattar hela miljön vid val av våtmarkernas läge. Vid återskapande av ett våtmarksrikt landskap är det viktigt att våtmarkernas historiska betydelse tydligt framhävs.

Våtmarken måste utformas i samklang med odlingslandskapets kulturvärden. Innan man genomför en restaurering eller anläggning behöver det tilltänkta områdets kulturhistoria utredas väl. Som utgångsläge vid varje anläggning bör man eftersträva en helhetssyn, där kulturvårdande och naturvårdande aspekter ges en likvärdig bedömning. Det är viktigt med ett relevant kunskapsunderlag där information från historiska kartor beaktas och samverkan mellan olika sektorer sker i ett tidigt skede. Detta i sig innebär inga intressekonflikter mellan de inblandade eftersom man oftast uppnår mesta miljö- och ekonomiska nytta genom att i första hand anlägga våtmarker i naturliga sänkor i landskapet där det tidigare varit våtmark. Att ta fram och tolka historiska kartor, fornlämningsregister m.m. kommer därför vara av stor betydelse (se avsnitt 8.4 för olika källor till kunskap).

Det är många faktorer som styr var och hur det är möjligt att återskapa en våtmark i odlingslandskapet. Nuvarande markanvändning, markägarförhållanden och markägarnas intressen, odlingsmarkens produktivitet samt grundvattenförhållanden i dagens landskap är några. Att

anlägga en våtmark i dess ursprungliga läge kan därför bli mycket svårt.

Genom att bearbeta historiska kartor kan man skapa sig en bättre markhistorisk bild över större områden och i bästa fall ringa in områden i landskapet som ansluter till tidigare fuktbärande miljöer. En förutsättning vid anläggandet av våtmarker är att man förstår den våta markens sammanhang i det förindustriella odlingslandskapet. Möjlighet till att identifiera odlingslandskapets historiska mönster ges genom bearbetning av historiska kartor. Först efter att ett välunderbyggt kunskapsunderlag tagits fram kan olika intressekonflikter vägas mot varandra (Moström 2002).

8.3.2 Landskapsbild och anläggning av våtmarker

En viktig fråga vid lämplighetsbedömning för nyanläggning av våtmarker och småvatten är vilket typ av landskap de är tänkta att anläggas i. Landskapets känslighet för nyanläggning varierar utifrån landskapets karaktär och innehåll. Har landskapet och dess innehåll prägel av modernt landskap? Finns det kontinuitet i jordbrukslandskapet som sträcker sig fram till idag? Rör det sig om ett ”historiskt karaktärslandskap” där tiden verkar ha stannat av och få förändringar skett under 1900-talets andra hälft?

Historiska karaktärslandskap kännetecknas av få nytilskott från tiden efter 1950. Här finns tydliga funktionella samband, tydliga regionala särdrag och kontinuitet i brukande och markanvändning. Landskapets innehåll kännetecknas av tydligt avläsbara och uppenbara historiska strukturer och gränser. Dessa finns rikligt förekommande eller med hög koncentration som tydligt förmedlar områdets historia. Ofta är dessa landskap skyddade kulturmiljöer och forn lämningar. Områdena har ofta pekats ut som värdefulla i länens kulturmiljöprogram, NBO (Nationella bevarandeplanen över de mest värdefulla odlingslandskapen i Sverige), Ängs- och betesmarksinventeringen etc.

Vanligtvis uppvisar landskapet en större variation med inslag av både gammalt och nytt. Många gånger kan det finnas en kontinuitet från förindustriell tid fram till idag och den historiska dimensionen kan fortfarande vara tydlig. Ofta finns regionala särdrag och uttryck för olika tiders markanvändning. Odlingslandskapets innehåll kan kännetecknas av inslag av historiska strukturer och gränser samt inslag av karaktärselement, exempelvis naturliga betesmarker, slätterängar, åkerholmar, diken och bryn som tydligt förmedlar områdets historia. Men landskapet kan också vara mer eller mindre påverkat under modern tid, efter 1950. Då präglas landskapet ofta av storskalighet och intensiv jordbruksdrift. Många av de karaktärselement som en gång fanns har fått ge vika i samband med jordbrukets rationalisering.

Generellt kan man anta att ett landskap som genomgått få förändringar under modern tid, dvs. historiska karaktärslandskap, skulle vara mer känsliga för nyanläggning av våtmarker än landskap som genomgått omfattande förändringar under 1900-talets senare hälft och som präglas av ett intensivt jordbruk och storskalighet. Om nya våtmarksanläggningar som saknar förankring i landskapets historia ska anläggas, bör dessa i första hand placeras i de storskaliga jordbruksområdena.

8.3.3 Tillvaratagande av kulturmiljövårdens intressen

Det är viktigt att kulturmiljövården alltid kopplas in på ett tidigt stadium i planeringsprocessen. Då kan ett relevant kunskapsunderlag tas fram och områden som är mindre lämpliga för nyanläggning undvikas. Ska anläggning av våtmarker ske i stor skala kan det vara lämpligt att redan på ett tidigt stadium arbeta fram en övergripande plan för större områden där våtmarksanläggningar kan utformas utan att det skadar kulturmiljön.

8.3.3.1 Placering

Det är av stor vikt att den tilltänkta platsen för våtmarken besiktigas av antikvarisk expertis. Oavsett vilken typ av landskap våtmarken anläggs eller restaureras i är det viktigt att eftersträva att det kulturlandskap som uppkommit med våtmarken vårdas och levandegörs som en viktig resurs. Vid nyanläggning av våtmarker bör historiskt naturliga lägen för våtmarker väljas. Ofta är det sådan mark som varit våtmark i början av 1800-talet före den stora sjösänkings- och dikningsepoken. Om syftet med våtmarken inte är att berika kulturmiljön i landskapet ska placering i skyddade kulturmiljöer och fornlämningsområden undvikas. För kulturmiljön är det även positivt om diken, dämmen, hässjor, lador, industrimiljöer och andra karaktärsgivande kulturhistoriska lämningar inom våtmarksområdet vårdas och levandegörs.

Det är viktigt att vid anläggning av våtmarker inte skada eller förändra fornlämningar och deras tillhörande skyddsområde. Skyddsområdets storlek är beroende av fornlämningsens art och betydelse. Genom samråd med länsstyrelsens kulturmiljöfunktion klargörs hur stort en fornlämnings skyddsområde är. Enklaste sättet att ta reda på var fornlämningar finns i landskapet är att studera fornlämningsregistret.

När nyanläggning av en våtmark sker i ett landskap där den saknar historisk förankring ska placering och utformning ske på ett sådant sätt att den smälter in i landskapet och inte stör omgivningen.

8.3.3.2 Utformning

Vid anläggning eller restaurering av alla typer av våtmarker bör man eftersträva att anläggningen utformas så diskret som möjligt och med ett utseende som passar för landskapsbilden. Detta görs bland annat genom att undvika störande nya konstruktioner som exempelvis höga vallar, onaturlig flikighet och för landskapet onaturliga öar. Schaktmassor ska tas bort från platsen eller planats ut väl, och eventuella dammvallar bör utformas diskret. Det är viktigt att försöka efterlikna naturgivna, mjuka former.

Att anlägga en våtmark inverkar alltid på landskapsbilden. Att göra en generell prioritering av olika landskapselement går inte och är inte heller lämplig att göra. Det måste i varje enskilt fall avgöras vilka landskapselement som ska bevaras och vilka som kan försvinna i och med anläggandet. Detta ska göras i samråd med länsstyrelsen.

En naturlig etablering av vegetation i anslutning till själva våtmarken bör eftersträvas. Detta är också en nödvändighet för att kunna uppnå en zonerings mellan våt och fast mark (Benett Gårdö och Wiiburg 2001).

8.3.3.3 Skötsel

Aktiv skötsel är en förutsättning för att uppnå god kulturmiljövård. Vegetation och hävd bör anpassas till det kulturlandskap de är belägna i. Våtmarken bör hävdas på traditionellt sätt genom bete eller slåtter. Vid slåtter bör skörden bärgas från våtmarken. Att kombinera slåtter med efterbete är ur kulturhistorisk synvinkel positivt. Om bränning ska användas som skötselmetod är det mycket viktigt att den sker på ett sådant sätt att de landskapselement som finns inom våtmarksområdet inte skadas.

8.4 Kunskapskällor

I dagsläget saknas det tyvärr övergripande dokumentation och inventering av befintliga våtmarker och intilliggande landskapselement ur kulturhistorisk synvinkel. Däremot finns det andra kunskapskällor om våtmarker som ett kulturarv där även kulturvärden i anslutning till våtmarker berörs. Exempel på sådana källor är:

- Fornlämningsregistret
- Våtmarksinventeringen
- Ängs- och hagmarksinventeringen (ca 1988-1992)
- Ängs- och betesmarksinventeringen (2001-2004)
- Historiska kartor
- Svenskt vattenarkiv
- Dikningsföretagens handlingar

Fornlämningsregistret, som finns på länsstyrelsen, bygger på dokumentation om fasta forn lämningar. Andra kulturbärande element som haft en funktion för användningen av våtmarken inte alltid med. Våtmarksinventeringen omfattar endast våtmarker över 10 hektar. Därmed saknas mindre våtmarker som kan vara mycket intressanta kulturmiljöer. Landskapselement som har ett ursprung i våtmarkens nyttjande har endast dokumenterats sporadiskt.

Ängs- och hagmarksinventeringen omfattar endast kulturelement som ligger *på* själva ängen eller betesmarken. I den inventering som gjordes 1988-1992 togs kulturelement upp i varierande utsträckning. I den inventering av ängs- och betesmarker som pågår under 2001-2004 registreras de landskapselement som ligger inom den inventerade ytan. Detta inkluderar även våta miljöer av olika slag.

Historiska kartor är den viktigaste källan till tidigare markanvändning. I Sverige finns en unik skatt i form av kartor från 1600-talet och framåt. Kartorna är tillgängliga för allmänheten och finns i nuläget i länsstyrelsernas lantmäteriarkiv och i Lantmäteriverkets arkiv i Gävle. Idag pågår ett projekt där samtliga historiska kartor som finns på lantmäteriverket håller på att skannas in. Projektet är ett samarbete mellan Lantmäteriverket och Riksantikvarieämbetet som har utvecklat en Internetjänst för nedladdning av de skannade kartorna. Efter enkel bearbetning av kartorna kan de lätt användas i GIS-miljö. Skifteskartorna från 1800-talet och tidigare är en källa till detaljerad information om tidigare markanvändning samt hydrologiska förhållanden i landskapet. Med hjälp av den äldre ekonomiska kartan och häradskartan från 1800-talets mitt/slut går det enkelt att få en överblick över en socken om var åker-, ängs-, betes- och skogsmarker legat.

I vattenarkivet finns uppgifter om sjösänkings- och dikningsföretag. Handlingarna omfattar ritningar, protokoll och utlåtanden. Material för åtgärder genomförda före 1918 finns idag på lantmäterikontoren i respektive län. För åtgärder genomförda efter 1918 finns materialet på länsstyrelsens dikningsarkiv eller på Riksarkivet i Stockholm. Information om sjösänkings- och dikningsföretag finns också i dikningsföretagens handlingar.

Regionala kunskapsunderlag som inventeringar av ängslador, industriminnesinventeringar, torpinventeringar, dokumentation av vägmiljöer, kommunala bevarandeprogram, uppteckningar av sägner och traditioner, ortsnamnsutredningar kan finnas på t.ex. länsstyrelsen eller länsmuseum.

Tabell 8: Möjliga kunskapskällor rörande kulturvärden vid våtmarker (Modifierad från Lindegård 2002)

KULTURVÄRDEN VID VÅTMARK	KUNSKAPSKÄLLOR							
	Forn- minnes- register	Våtmarks- inven- teringen	Histo- risk kartor	Moderna kartor	Regionala inven- teringar	Hembygds- litteratur	Vatten- arkiv	Dik- ningsfö- retag
Förhistoriska spår	X			X		X		
Våtmarksslätter		X	X	X	X	X		
Bevattningsanläggningar		X			X	X		
Ängslador		X	X	X	X	X		
Hägnader		X	X					
Hävdgynnad flora		X			X			
Utdikningar/sjösänkningar		X		X		X	X	X
Torvutvinning		X			X	X		
Järnframställningsplats	X			X	X	X		
Kommunikationsleder	X		X	X	X	X		
Anlagda våtmarker				X				
Ortnamn			X	X		X		
Sägner och traditioner						X		

9 Definition av begreppet våtmark

Det är svårt att definiera vad en våtmark är, om definitionen ska täcka alla syften. Våtmarker är ekotoner eller ”kanthabitat”, och kan betraktas som övergångszoner mellan land och vatten. Miljöerna är vare sig helt terrestra eller helt akvatiska. Eftersom land och vattenhabitat kan mötas och övergå i varandra på en mängd olika sätt, både i tiden och i rummet, är det svårt att konstruera en definition som är heltäckande och samtidigt hanterbar. Här följer en genomgång och utvärdering av de definitioner som oftast används.

Heltäckande definitioner blir oftast mer eller mindre oanvändbara för de flesta syften, t.ex. för denna rapport, eftersom de blir extremt vida och innefattar allt för många disparata miljöer. Till exempel Ramsar Convention on Wetlands som har en definition som lyder: *”Sumpmarker, kärr, torvmossar eller vattenområden, vare sig de är naturliga eller konstgjorda, permanenta eller tillfälliga, eller har ett vatten som är stillastående eller rinnande, sött eller bräckt eller salt. I detta innefattas sådana havsområden vilkas djup vid lågvatten inte överstiger sex meter.”* Denna definition är inte användbar när det gäller anlagda våtmarker i odlingslandskapet.

Flera av definitionerna är inte i egentlig mening definitioner på grund av att orden i dem ofta saknar objektivt värde eller att man inte har insett behovet av att definiera tidsmässiga och rumsliga aspekter. Till exempel följande definition: *”Våtmarker är områden med fuktig och våt mark samt vegetationstäckt vattenyta”* (Naturvårdsverket 1983). Förutom att det kan vara komplicerat att definiera vad som menas med våt och fuktig mark uppstår det svårigheter med temporära våtmarker. Hur länge ska marken vara fuktig eller våt? Dessutom framgår ej vad som menas med vegetationstäckt. Hur stor täckningsgrad krävs för att det skall vara vegetationstäckt? Sådana definitioner går knappast att använda praktiskt.

Liknande problem finns med följande långa definition: *”Våtmark är sådan mark där vatten under en stor del av året finns nära under, i eller strax över markytan. Därutöver omfattas även vegetationstäckta vattenområden. Gränserna för hur nära markytan vattnet kan finnas i en våtmark varierar. I de flesta fall kan vegetationen användas för att skilja våtmark från annan mark. Minst 50 % av vegetationen bör vara ”hydrofil”, d.v.s. fuktighetsälskande, för att man ska kunna kalla ett område för våtmark. Ett undantag är tidvis torrlagda bottenområden i sjöar, hav och vattendrag. De räknas till våtmarkerna trots att de kan sakna vegetation.”* (Löfroth 1991). I våtmarksboken (Tonderski m.fl. 2002) har denna definition förkortats och till viss del modifierats till *”sådan mark där vatten under en stor del av året finns nära under, i eller strax över markytan samt vegetationstäckta vattenområden och vatten med vegetationsfria ytor ner till två meters djup”*. Givetvis leder dessa ”definitioner” till problem med tolkningar av vad som är nära under, strax över samt stor del av året.

Ett sätt att komma runt problemet är att enbart använda sig av vegetationen för att definiera våtmarkshabitat. Följande korta definition är relativt vanlig: *”Mer än hälften av vegetationen skall vara hydrofil (vattenälskande)”* (Lönngren 1995, se även Löfroth 1991 ovan). Tanken bakom definitionen är att hydrofil vegetation kräver särskilda miljöer för att etableras. Om området är vattenhållande under så stor del av året att hydrofil vegetation bildas så är det per definition en våtmark, även om den torkar ut under relativt långa perioder. Problemet med denna definition är dock att man behöver definiera vilka arter som är hydrofila, vilket inte är helt självklart i alla lägen. Även här är begreppsförvirringen stor och det uppstår problem med definitionen av vilka arter som ska ingå. En vanlig definition på makrofyter (hydrofila växter, också kallade vaskulära hydrofyter) är att de normalt växer i vatten och måste tillbringa åtminstone en del av sin livscykel i vatten (Sculthorpe 1967, Cook 1990). Här uppstår därför till viss del ett cirkelresonemang där man använder sig av en definition som i sin tur till viss del

definieras med hjälp av det man ursprungligen ville definiera. Detta är dock sällan ett reellt problem eftersom de vanligaste och dominerande arterna i våtmarker ganska säkert kan kategoriseras som hydrofila. Däremot kan man fråga sig vad som menas med mer än hälften av vegetation. Är det täckningsgrad som man ska utgå ifrån eller närvaro/frånvaro av arter, eller något annat? Trots allt är denna definition (eller variationer på denna) tilltalande eftersom den är biologiskt/ekologiskt förankrad.

En annan variant på att använda sig av vegetationen för att definiera våtmarkshabitat som *"alla torvbildande marker samt strandzoner till yttre gränsen för bottenfast vegetation"* (Blom 1987). Här har man utgått från definitionen på littoralzonen i akvatiska habitat, som är det område där bottenrotad vegetation fortfarande kan fotosyntetisera.

Båda dessa "vegetationsdefinitioner" ger problem med definitionen ut mot djupare vatten. Näringsfattiga klarvattensjöar kan ha bottenrotad vegetation ut till tio meters djup utan att vi för den skull vill kategorisera dem som våtmarker.

U.S Fish and Wildlife Service har satt upp tre attribut där ett eller flera ska uppfyllas för att området ska kunna definieras som en våtmark: *"Wetlands are lands transitional between terrestrial and aquatic systems where the water table is usually at or near the surface or the land is covered by shallow water. For purposes of this classification, wetlands must have one or more of the following three attributes: (1) at least periodically, the land supports predominantly hydrophytes (plants specifically adapted to live in wetlands); (2) the substrate is predominantly undrained hydric (wetland) soil; and (3) the substrate is nonsoil and is saturated with water or covered by shallow water at some time during the growing season of each year"*. Även här är definitionerna genomsyrade av subjektiva ord som måste tolkas (och definieras) om definitionen ska bli användbar i praktiken.

Småvatten

På senare tid har termen småvatten dykt upp i litteraturen, inklusive de nationella miljömålen, Natura-2000 dokument och i riktlinjer för miljöstöd till lantbrukare. Småvatten har definierats som *"mindre vattensamlingar, naturliga eller kulturskapade, där vattenståndet är så högt att det finns vattenspegel hela året"* (Svensson och Glimskär 1994). Denna definition urskiljer dock inte på något sätt småvatten från någon av våtmarksdefinitionerna. Även våtmarker kan ha permanent vattenspegel. Ett försök till generalisering av begreppen bör bli att alla småvatten är våtmarker, men alla våtmarker är inte småvatten.

Sammanfattning och definition av anlagda våtmarker i odlingslandskapet

Det går inte att konstruera en heltäckande, allmän definition som är användbar i alla olika sammanhang. Därför får man bestämma sig för en definition som man utgår ifrån i ett visst specificerat läge. För denna rapport som avser anlagda, återskapade eller restaurerade våtmarker i odlingslandskapet används följande definition:

Våtmarker är områden där hydrologin är sådan att hydrofil (vattenälskande) vegetation täcker mer än 50 % av den vegetationstäckta ytan.

Genom att hålla sig till den vegetationstäckta ytan undviker man eventuella problem med våtmarker som har relativt stora vegetationsfria områden på djupare vatten (dvs. öppen vattenspegel), samt de våtmarkstyper som ofta benämns dammar eller småvatten, vilka alltså också ingår i våtmarksdefinitionen. Genom att inte ha några kriterier för maximalt djup eller medeldjup inkluderas även våtmarker som huvudsakligen är grunda men som har större eller mindre djupa partier samt de relativt djupa våtmarker där vegetationen är begränsad till en smal strandzon. Även dessa våtmarker ger oss de önskvärda ekosystemfunktionerna som denna rapport behandlar (näringretention samt biologisk mångfald) och variation i habitat är en viktig faktor vad gäller mångfalden.

Avgränsningen mot land blir också relativt enkel och beror på var akvatisk vegetation upphör att dominera och den terrestra vegetationen tar vid. Här kan det dock diskuteras till vilken grupp man skall föra vissa arter. Vid bestämning av våtmarksytor är det dock bättre att fria än fälla och ur naturvårdssynpunkt är det bättre att i tveksamma fall räkna arterna som akvatiska, eftersom området mellan den egentliga våtmarken och land (framför allt odlad mark) är viktig som skyddszon. Denna definition gör också att våtmarksytan kan förändras över tiden och bli större eller mindre (och även försvinna) om hydrologin förändras så att även vegetationssammansättningen förändras och till exempel terrestra arter vandrar in.

Det är också en fördel med en kort och lättfattlig definition som inte är beroende av mätningar av hydrologi, vattennivåer och våtmarkens morfometri. Dock krävs ett visst mått av artkunskap.

Ett problem med definitionen är att den egentligen inte särskiljer våtmarker från sjöar (enligt tidigare resonemang avseende litoralzon). Dock anser vi att det inte är ett reellt problem, åtminstone inte i detta sammanhang som rör anlagda och restaurerade våtmarker i odlingslandskapet.

Definitionen kan i vissa fall vara svår att använda direkt efter anläggningen av nya våtmarker, om inte vegetationen har hunnit anpassas till de nya vattenförhållandena. Om våtmarksytan behöver anges direkt efter anläggandet kan därför avgränsningen behöva göras utifrån vattensytans nivå i förhållande till marknivån, enligt definitionen i Tonderski m.fl. (2002).

10 Referenser

- Alexandersson, H., Ekstam, U. och Forshed, N. 1986. Stränder vid fågelsjöar. SNV och LT:s förlag, Helsingborg 1986.
- Arheimer, B. och Wittgren, H B. 2002. Modelling nitrogen removal in potential wetlands at the catchment scale. *Ecological Engineering* 19: 63-80.
- Begon, M., Harper, J.L. och Townsend, C.R. 1990. Ecology, Individuals, Populations and Communities. Blackwell Scientific Publications, GB.
- Benett Gårdö, M. och Wiiburg, M: 2001. Anlagda våtmarker och småvatten i jordbruksmark. Rapport från kulturmiljöövervakning. Riksantikvarieämbetet. Rapport 2001:3
- Berg, Å., Gustafson, T., Cronert, H & Nilsson, D. 2002. Skötsel av strandängar och andra våta fodermarker - kunskaper och problem. Sammanfattning av presentationer och diskussioner vid ett seminarium arrangerat av HagmarksMistra 5 mars 2002.
- Blom, G. 1987. Landekosystem. I: Kompendium i miljövård, Del 1, Ekologi. Miljövårdscentrum, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm.
- Braskerud, B. C. 2001. Sedimentation in small constructed wetlands – Retention of particles, phosphorus and nitrogen in streams from arable watersheds. Doktorsavhandling, Agricultural University of Norway, Ås, Norge.
- Burgoon, P. S. 2001. Denitrification in free water surface wetlands receiving carbon supplements. *Water Sci. Technol.* 44: 163-169.
- Carlsson, C., Kyllmar, K., Ulén B., Johnsson, H. 2002. Typområden på Jordbruksmark - Avrinning och växtnäringens förluster för det agrohydrologiska året 2000/2001. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala. *Ekohydrologi* 66.
- Cook, C. D. K. 1990. Aquatic plant book. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.
- Cserhalmi, N: 1998. Fårad mark, Handbok för tolkning av historiska kartor och landskap. Sveriges hembygdsförbund.
- Dal Cin, L. och Persson, J. 2000. The influence on vegetation on hydraulic performance in a surface flow wetland. 7th International Conference on Wetlands Systems for Water pollution Controll, Nov 11-16 2000, Florida, USA.
- Djodjic, F., Montas, H., Shirmohammadi, A., Bergström, L., Ulén, B. 2002. A Decision Support System for Phosphorus Management at a Watershed Scale. *J. Environ. Qual.* Vol 31, 2002.
- Edenhamn, P., Ekendahl, A., Lönn, M., & Pamilo, P. 1999. Spridningsförmåga hos svenska växter och djur. Naturvårdsverket, Rapport 4964.
- Ekologgruppen 2001. Utvärdering av Kävlingeprojektet, Etapp I och II.
- Ekologgruppen 2003. Dammar som reningsverk – Mätningar av näringsämnesreduktionen i nyanlagda dammar 1993-2002. Höje å projektet & Kävlingeåprojektet. Maj 1993.
- Elmgren, R. och Larsson, U. 1997. Himmersfjärden – Förändringar i ett näringsbelastat kust-ekosystem i Östersjön. Naturvårdsverket. Rapport 4565.
- Emanuelsson, U. 2001. Det skånska kulturlandskapet. Skånes natur (Årsbok)

- Eriksson, J., Andersson, A., och Andersson R. 1998: Åkermarkens matjordtyper. Naturvårdsverket rapport 4955.
- Eriksson, P. G. 2000. Regulation and role of epiphytic nitrification and denitrification in macrophyte-dominated systems. Doktorsavhandling, Lunds Universitet, ISBN 91-7105-126-0.
- Eriksson, P. G. och Weisner, S. E. B. 1996. Functional differences in epiphytic microbial communities in nutrient-rich freshwater ecosystems: an assay of denitrifying capacity. *Freshwater Biology* 36: 555-562
- Eriksson, P. G. och Weisner, S. E. B. 1999. An experimental study on effects of submersed macrophytes on nitrification and denitrification in ammonium-rich aquatic systems. *Limnology and Oceanography* 44: 1993-1999.
- Feuerbach, P. 1998. Praktisk handbok för våtmarksbyggare - anläggning och skötsel. Hushållningssällskapet Halland. ISBN 91-630-7632-2.
- Feuerbach, P. 2003. Dokumentation av våtmarkers åldrings- och mognadsförlopp. Hushållningssällskapet Halland. Rapport på uppdrag av Jordbruksverket.
- Fleischer, S., Gustafson A., Joelsson, A., Pansar, J. och Stibe, L. 1994. Nitrogen removal in created ponds. *Ambio* 23:349-357.
- Forman, R.T.T. 1995. Land mosaics – The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge.
- Granéli, W. 1984. Reed (*Phragmites australis*) as an energy source in Sweden. *Biomass* 4: 183-208.
- Granéli, W., Sytsma, M. D. och Weisner, S. E. B. 1992. Rhizome dynamics and resource storage in *Phragmites australis*. *Wetlands Ecology and Management* 1: 239-247.
- Gärdenfors, U. (ed.) 2000. Rödlistade arter i Sverige 2000. ArtDatabanken, SLU, Uppsala.
- Hansson, L-A. 1998 Biomanipulering som restaureringsverktyg för näringsrika sjöar – En kunskapssammanställning. Naturvårdsverket, Rapport 4851.
- Howe, H.F. och Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13:201-228.
- Höök-Patriksson, K. 1998 (huvudredaktör). Skötselhandbok för gårdens natur- och kulturvärden. Jordbruksverket, Bratts Tryckeri AB, Jönköping.
- Jensen, J. P., Kristensen, P. och Jeppsen, E. 1990. Relationships between nitrogen loading and in-lake nitrogen concentrations in shallow Danish lakes. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 24, 201-204.
- Johansson H. och Persson, G. 2001. Svenska sjöar med höga fosforhalter – 790 naturligt eutrofa eller eutrofierade sjöar. Rapport 2001:8. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Johansson, O., Ekstam, U. och Forshed, N. 1986. Havsstrandängar, SNV och LT:s förlag, Helsingborg 1986.
- Johnsson, H. och Mårtensson, K. 2002. Kväveläckage från svensk åkermark - beräkningar av normalutlakning för 1995 och 1999. Naturvårdsverket. Rapport 5248.
- Johnston, C. A. 1991. Sediment and nutrient retention by freshwater wetlands: effects in surface water quality. *Crit. Rev. Environ. Control* 21: 491-565.
- Jordbruksverket 2000. Sektorsmål och åtgärdsprogram för reduktion av växtnäringsförluster från jordbruket. Rapport 2000:1. Jordbruksverket.

- Kellner, E. 1993. Årstidsbunden kvävebelastning och denitrifikation i dammar – en enkel modellansats. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Kyllmar, K. och Johnsson, H 1998. Växtnäringsförluster till vatten i Typområden på jordbruksmark (JRK) 1984-1995. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala. *Ekohydrologi* 66.
- Larsson, B. M. P. 1997. Jordbrukslandskapets historia. Myrdal J., Morell M. och Larsson B. M. P. (red): Agrarhistoria.
- Leonardsson, L. 1994. Våtmarker som kvävefällor. Svenska och internationella erfarenheter. Naturvårdsverket. Rapport 4176.
- Leonardsson, L. 2002. Hur avskiljer våtmarker kväve och fosfor? I: Tonderski, K., Weisner, S., Landin, J., Oscarsson, H. (eds.). Våtmarksboken – skapande och nyttjande av värdefulla våtmarker. VASTRA, ISBN 91-631-273-7.
- Lindegård, P. 2002. Våtmarkernas kulturarv. Riksantikvarieämbetet. Rapport 2002:3.
- Lundkvist, E. 2003. Diversity, dispersal, and interactions among diving beetles and mosquitoes in Swedish wetlands. Doktorsavhandling. Department of Biology, IFM. Linköpings universitet.
- Löfroth, M. 1991. Våtmarker och deras betydelse. Naturvårdsverket, Rapport 3824.
- Lönngren, G. 1995. Våtmark. ISBN: 91558 569-9
- Miljö- och landsbygdsprogram för Sverige år 2000-2006 (LBU-programmet). Regeringskansliet. Jordbruksdepartementet. Juli 2000.
- Moore, D. R. J., Keddy, P. A., Gaudet, C. L. och Wisheu, I. C. 1989. Conservation of wetlands: Do infertile wetlands deserve a higher priority? *Biological Conservation* 47:203-217.
- Morell, M. 2001. Jordbruket i industrisamhället 1870-1945. Det svenska jordbrukets historia, band 4.
- Moström, J. 2002. Miljöhistorisk kunskap om våtmarkers restaurering. Ur Digitala kartors tillämpning för kulturmiljövården. Riksantikvarieämbetet.
- Naturvårdsverket 1983. Inventering av Sveriges våtmarker, metodik för våtmarksinventering. PM 1680. Statens Naturvårdsverk (SNV) Solna.
- Naturvårdsverket 1997. Kväve från land till hav. Rapport 4735.
- Naturvårdsverket 1999a. Myllrande våtmarker. Rapport 4997.
- Naturvårdsverket 1999b. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Kust och Hav. Rapport 4914.
- Naturvårdsverket 2003a. Miljö kvalitetsnormer för fosfor i utvalda sjöar – redovisning av ett regeringsuppdrag. Rapport 5288
- Naturvårdsverket 2003b. Ett rikt växt och djurliv. Förslag till miljö kvalitetsmål för biologisk mångfald. Rapport 5301.
- Nolbrant, P. 2000. Naturvärden i några småvatten i södra Halland – uppföljning efter biotopförbättrande åtgärder på lilla Böslid 1996-2000. Hushållningssällskapet i Halland, Länsstyrelsen i halland.
- Nolbrant, P. 2003. Flora- och faunautveckling efter biotopförbättrande åtgärder i småvatten på Lilla Böslid. Hushållningssällskapet i Halland, Jordbruksverket. Naturvårdsverket.
- Pehrson, I. (huvudförfattare) 2001. Bete och betesdjur. Jordbruksverket, Elanders Gumme-sons, Falköping 2001. ISBN 9188264-25-4.

- Persson, A. 1997. Fish excretion in relation to internal and external load in a eutrophic lake. *Limnology and Oceanography* 42: 577-583.
- Persson, J. 1998. Utformning av dammar – en litteraturstudie med kommentarer om dagvatten-, polerings- och miljödamm. Chalmers Tekniska Högskola, Rapport B:64, 2:a uppl.
- Persson, J. 2000. The hydraulic performance of ponds of various layouts. *Urban Water* 2: 243-250.
- Persson, J. och Weisner, S. 2002. Integrera teknik och biologi vid utformning och anläggning. I: Våtmarksboken: Skapande och nyttjande av värdefulla våtmarker. Tonderski, K., Weisner, S., Landin, J. & Oscarsson, H. (eds). VASTRA Rapport 3: 252-270.
- Petticrew, E. L. och Kalff, J. 1992. Water flow and clay retention in submerged macrophyte beds. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 49:2483-2489.
- Puustinen, M. och Koskiaho, J. 2003. Characteristics of constructed wetlands and potential significance for agricultural water protection in practice. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis. 94:173-178.
- Reddy, K. R., Kadlec, R. H., Flaig, E. och Gale, P. M. 1999. Phosphorus retention in streams and wetlands: a review. *Crit. Rev. Sci. Technol.* 29(1): 83-146.
- Reddy, K. R., och Patrick, W. H. 1984. Nitrogen transformations and loss in flooded soils and sediments. *CRC Crit. Rev. Environ. Control* 13, 273-309.
- Robertson, G. M., Eknert, B. och Ishe, M. 1990. Habitat analysis from infrared aerial photographs and the conservation of birds in Swedish agricultural landscapes. *Ambio* 19:195-203.
- Rosén, E. och Borgegård, S-O. 1999. The open agricultural landscape. *Acta Phytogeographica Suecica* 84:113-134.
- Rosenzweig, M. L. 1995. Species diversity in space and time. Cambridge University Press., Cambridge.
- Rydin, H. och Borgegård, S-O. 1988. Plant species richness on islands over a century of primary succession: Lake Hjälmaren. *Ecology* 69:916-927.
- Rydin, H., Sjörs, H. och Löfroth, M. 1999. Mires. *Acta Phytogeographica Suecica* 84:91-112.
- Sculthorpe, D. D. 1967. The biology of aquatic vascular plants. Arnold, London.
- Sjöberg, K. och Ericson, L. 1992. Forested and open wetland complexes. I: Hansson, L. (ed): Ecological principles of nature conservation. Elsevier, GB. pp326-351.
- Sundberg, S. 2003. Personligt meddelande 030707. Naturvårdsredan, Uppsala Universitet.
- Sundblad, K. 1990. The effects of cutting frequency on natural *Glyceria maxima* stands. *Aquatic Botany* 37:27-38.
- Svenska miljömål - delmål och åtgärdsstrategier. Regeringens proposition 2000/01:130.
- Svensson, J., Strand, J., Sahlén, G. och Weisner, S. 2004. Utvärdering av våtmarker anlagda inom lokala investeringsprogram (LIP) och med LBU-stöd. Våtmarkscentrum, Högskolan i Halmstad. På uppdrag av Naturvårdsverket och Jordbruksverket.
- Svensson, J. M. 1997. Influence of *Chironomus plumosus* larvae on ammonium flux and denitrification (measured by the acetylene blockage- and the isotope pairing technique) in eutrophic lake sediment. *Hydrobiologia* 346: 157-168.
- Svensson, J. M. och Leonarsson, L. 1996. Effects of bioturbation by tube-dwelling chironomid larvae on oxygen uptake and denitrification in eutrophic lake sediments. *Freshwater Biology* 35: 289-300.

- Svensson, R. och Glimskär, A. 1993. Våtmarkernas värde för flora och fauna: Skötsel restaurering och nyskapande. Naturvårdsverket, Rapport 4175.
- Svensson, R. och Glimskär, A. 1994. Småvatten och våtmarker i odlingslandskapet. Jordbruksverket.
- Söderström, L. och Jonsson, B. G. 1989. Spatial pattern and dispersal in the leafy hepatic *Ptilidium pulcherrimum*. *Journal of Bryology* 15:793-802.
- Sørensen, J., Nielsen, L. P., Christensen, P. B., och Revsbech, N. P. 1990. Denitrifikation og iltomsättning i vandløbssedimenter. Npo-forskning fra miljøstyrelsen Nr. C2 Miljøministeriet, København, Danmark
- Toet, S. 2003. A treatment wetland used for polishing tertiary effluent from a sewage treatment plant: performance and processes. Doktorsavhandling, Utrecht Universitet, ISBN 90-393-3414-5.
- Tonderski, K., Weisner, S., Landin J. och Oscarsson, H. (eds.) 2002. Våtmarksboken – skapande och nyttjande av värdefulla våtmarker. VASTRA, ISBN 91-631-273-7.
- Ulén, B. 1997. Förluster av fosfor från jordbruksmark. Naturvårdsverket förlag. Naturvårdsverket. Rapport 4731.
- Ulén, B. 2002. Svävande lerpartiklar för fosfor till havet. Fakta Jordbruk nr 6, 2002. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Uusi-Kämpää, J., Braskerud, B., Jansson, H., Syversen, N. och Uusitalo, R. 2000. Buffer zones and constructed wetlands as filters for agricultural phosphorus. *Journal of Environmental Quality* 29: 151-158.
- Van der Valk, A. G. 1981. Succession in wetlands: a Gleasonian approach. *Ecology* 62: 688-696.
- Weibull, A.-C., Bengtsson, J. och Nohlgren, E. 2000. Diversity of butterflies in the agricultural landscape: the role of farming system and landscape heterogeneity. *Ecography* 23:743-750.
- Weisner, S. E. B. 1987. The relation between wave exposure and distribution of emergent vegetation in a eutrophic lake. *Freshwater Biology* 18:537-544.
- Weisner, S. E. B. 1991. Within-lake patterns in depth penetration of emergent vegetation. *Freshwater Biology* 26:133-142.
- Weisner, S. E. B. och Strand, J. A. 2002. Ecology and management of plants in aquatic ecosystems. I: Handbook of Ecological Restoration. Volume1, Principles of Restoration. Davy AJ. & Perrow MR (eds). Cambridge University Press. pp 242-256.
- Weisner, S. E. B., Eriksson, P. G., Granéli, W. och Leonardsson, L. 1994. Influence of macrophytes on nitrate removal in wetlands. *Ambio* 23: 363-366.
- Weisner, S. och Tonderski, K. 2002. Biomassa kan produceras och näring återvinnas: ett framtidsperspektiv. I: Våtmarksboken: Skapande och nyttjande av värdefulla våtmarker. Tonderski, K., Weisner, S., Landin, J. & Oscarsson, H. (eds). VASTRA Rapport 3: 123-134.
- Wendt-Rasch, L. 2003. Ecological effects of pesticides in freshwater model ecosystem. Akademisk avhandling, Lunds Universitet.

Wittgren, H. B. 1994. Våtmarker som behandlingsmetod för avloppsvatten och dagvatten. Naturvårdsverket Rapport 4365.

Wittgren, H. B., Arheimer, B., Tonderski, K. 2002. Kväveavskiljning i våtmarker: Effektivitet och regionala skillnader. *K. Skogs- o Lantbr. Akad. Tidskr.* 141:4, sid 53-64.

Vretare, V., Weisner, S. E. B., Strand, J. A. och Granéli, W. 2001. Phenotypic plasticity in *Phragmites australis* as a functional response to water depth. *Aquatic Botany* 69: 127-145.

Referenser från internet

Greppa näringens hemsia, Kunskapsboken, www.greppa.nu

Naturvårdskedjan 2003. www.naturvardskedjan.slu.se

Jordbruksverkets rapporter 2003

1. Indikatorarter – metodutveckling för nationell övervakning av biologisk mångfald i ängs- och betesmarker
2. Jordbrukspolitiken och miljön, Igår – Idag – Imorgon
3. Jordbruksverkets foderkontroll 2001
4. Ökad mångfald – kunskapssammanställning om nyskapande av livsmiljöer i enahanda åkerlandskap
5. Förslag till bestämmelser för att minska nitratutlakningen från jordbruket – enligt nitratdirektivet (direktiv 91/676/EEG) m.m.
6. Konsumtionen av livsmedel och dess näringsinnehåll – Uppgifter t.om. år 2001
7. Hur går det för svenskt jordbruk – en jämförelse med några konkurrentländer
8. Jordbruksverkets foderkontroll 2002 – Feed control by the Swedish Board of Agriculture 2002
9. Utvärdering av dokumentation vid enskild rådgivning inom KULM – Kompetensområde 2 och 3
10. Marknadsöversikt – bearbetade trädgårdsprodukter
11. Samexistens i fält mellan genetiskt modifierade, konventionella och ekologiska grödor – redovisning av förutsättningar
12. Kompetensutveckling av lantbrukare inom miljöområdet – KULM verksamhetsåret 2002
13. Förslag till nationellt program för förvaltning av husdjursgenetiska resurser
14. Renägare och renskötsel företag – rennäringens struktur 1994–2001
15. Stordrift, specialisering och djurtäthet – animalieproduktionens strukturutveckling 1980–1999
16. Jordbrukets utveckling i det fjällnära området 1995–2002
17. Företagsekonomiska jämförelser mellan svenska och danska jordbruksföretag
18. Folkbildning och odlad mångfald – Verksamhetsberättelse för POM 2002
19. Ett rikt odlingslandskap – Fördjupad utvärdering 2003
20. Förslag till program för uppföljning och utvärdering av miljöeffekterna av den gemensamma jordbrukspolitiken – Perioden 2004 – 2008
21. Jordbruket inom EU och de nya medlemsländerna – i diagram och tabeller
22. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2004
23. Marknadsöversikt – vegetabilier
24. Marknadsöversikt – animalier

Jordbruksverkets rapporter 2004

1. Förutsättningar för en minskning av växthusgasutsläppen från jordbruket

Rapporten kan beställas från
Jordbruksverket,
551 82 Jönköping
Tfn 036-15 50 00 (vx)
Fax 036 34 04 14
E-post: jordbruksverket@sjv.se
Internet: www.sjv.se

ISSN 1102-3007
ISRN SJV-R-04/2-SE
SJV offset, Jönköping, 2004
RA04:2