

# Kunskapsunderlag för återvätningsavtalens utformning och klimatnytta



© Skogsstyrelsen 2025

**Dnr 2025/6**

**Projektgrupp/författare**

Hillevi Eriksson  
Magnus Lindh  
Samuel Sjöberg

**Omslag**

*Nedbruten torv frilägger rötter*  
Fotograf: Hillevi Eriksson

Skogsstyrelsens rapporter publiceras som pdf-filer på vår webbplats: [www.skogsstyrelsen.se](http://www.skogsstyrelsen.se).  
Här kan även tidigare publicerade rapporter, liksom böcker och övriga trycksaker laddas ner eller beställas.

# Innehåll

|                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Förord</b>                                                      | <b>4</b>  |
| <b>Sammanfattning</b>                                              | <b>5</b>  |
| <b>Summary</b>                                                     | <b>7</b>  |
| <b>1 Bakgrund och historik</b>                                     | <b>10</b> |
| 1.1 Syfte med rapporten                                            | 10        |
| 1.2 Dikade torvmarkers fördelning på typ och landsdel              | 10        |
| 1.3 Skogsdikningens historik                                       | 11        |
| 1.4 Återvätningens historik                                        | 13        |
| 1.5 Skogsstyrelsens återvätningsverksamhet                         | 14        |
| <b>2 Hydrologisk påverkan av Skogsstyrelsens återvätningsavtal</b> | <b>16</b> |
| 2.1 Effekt på grundvattennivån                                     | 16        |
| 2.2 Kan återvätning ge en ökad tillgång på uttagbart grundvatten?  | 17        |
| 2.3 Kan återvätningen minska risken för torkstress hos träd?       | 18        |
| 2.4 Forskningsbehov – återvätningens påverkan på hydrologin        | 18        |
| <b>3 Återvätningens klimatnytta</b>                                | <b>20</b> |
| 3.1 Dikningens klimatpåverkan                                      | 20        |
| 3.2 Återvätningens klimatpåverkan                                  | 21        |
| 3.3 Skattning av klimatnytta för Skogsstyrelsens återvätning       | 22        |
| 3.4 Forskning/utvecklingsbehov – återvätningens klimatnytta        | 26        |
| <b>4 Återvätningens nytta för biologisk mångfald</b>               | <b>27</b> |
| 4.1 Återvätningens nytta för artbevarandet på längre sikt          | 27        |
| 4.2 Forskningsbehov – återvätning och biologisk mångfald           | 28        |
| <b>5 Återvätningens inverkan på mygg och knott</b>                 | <b>29</b> |
| 5.1 Inverkan på mygg och knott av återvätning                      | 29        |
| 5.2 Forskningsbehov – återvätning och mygg                         | 29        |
| <b>6 Litteratur</b>                                                | <b>30</b> |

## Förord

Skogsstyrelsen har sedan år 2021 ett uppdrag av regeringen att genomföra återvätning av dikad torvmark via återvättningsavtal med markägare. Huvudsyftet är att minska utsläppen av växthusgaser, men åtgärden betyder också en del för att återställa miljöer för skogens biologiska mångfald. I och med att risken för torrperioder ökar med klimatförändringarna ses den också som en del av klimatanpassningen av naturvården.

Det är avgörande att prioriteringar och metodval i Skogsstyrelsens återvättningsverksamhet i så hög grad som möjligt är baserade på vetenskaplig grund och beprövad erfarenhet. Skogsstyrelsen har också ett ansvar att kommunicera till forskare och forskningsfinansiärer vilka kunskaper som saknas inom olika områden. Den här rapporten presenterar viktiga delar av det kunskapsunderlag som påverkat återvättningsavtalens och åtgärdernas utformning och som används för att utvärdera dess resultat.

Det är vår förhoppning att detta arbete kan komma till nytta i utbildningen av återvättningsplanerare och i arbetet med att informera markägare och andra intresserade om vilka fakta och slutsatser som återvättningsverksamheten grundar sig på.

Tack till forskare på olika universitet och återvättningskunniga på Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket som givit synpunkter under arbetets gång.

Therese Nilsson  
Enhetschef Områdesskydd och ekonomiska stöd  
Skogsstyrelsen

Hillevi Eriksson  
Klimat- och bioenergispecialist,  
Skogsstyrelsen

# Sammanfattning

## *Bakgrund*

I Sverige finns cirka 0,8 miljon hektar dikad torvmark som är produktiv skogsmark, enligt Riksskogstaxeringens definition, fördelat på ca en fjärdedel var på örttyper, grästyper, blåbär+fräken typer och övriga ris+starrtyper.

På uppdrag av regeringen bedriver Skogsstyrelsen sedan år 2021 en återvätningsverksamhet. Den innebär att markägare kan välja att teckna 50-åriga återvätningsavtal. Avtalen innebär att Skogsstyrelsen ombesörjer att diken pluggas inom avtalsområdet. Huvudsyftet med åtgärden är att minska nettoutsläppen av växthusgaser. Skogsstyrelsen står för planering, genomförande och kostnader. Markägaren får viss ersättning för minskat markvärde.

## *Slutsatser kring hydrologisk påverkan av Skogsstyrelsens återvätning*

Skogsstyrelsen återväter främst genom att plugga diken på vissa platser inom avtalsområdet, som beror av lutningen. Metoden innebär att grundvattennivån hamnar en bit under markytan i genomsnitt under vegetationsperioden i påverkansområdet. Pluggningen påskyndar dikenas igenväxning, vilket leder till fortsatt höjning av grundvattennivån med tiden. Hittills har avtalen främst berört områden med mindre vattenflöden, vilket innebär att diken inte varit, eller ersatt, naturliga vattendrag.

Skogsstyrelsen definierar påverkansområdet av återvätningen som det område där skogsproduktionen kan påverkas negativt av den höjda grundvattenytan. En sådan negativ påverkan bedöms finnas där grundvattennivån är närmare än 30 centimeter från markytan mer än några veckor under vegetationsperioden.

Vi bedömer att dikespluggning kan påverka grundvattennivån så att den påverkar skogsproduktionen negativt maximalt 80 meter i sidled från diket då torvmarken är helt platt. I de flesta fallen finns emellertid ett nytt dike eller en lutande fastmark inom 80 meter, eller så lutar torvmarken uppåt i sidled från diket. Där torvmarken lutar uppåt blir påverkansavståndet kortare ju större lutningen är. Ett avskärande dike som går längs med höjdkurvan i en sluttning, typiskt vid torvmarkens övre kant, bedöms verka vinkelrätt nedåt tills ett nytt dike nås eller torvmarken tar slut nedströms diket. Våtmarksimpediment inom dessa gränser räknas normalt bort från avtalsområdet då ingen produktionssänkning sker där.

De områden som prioriteras för återvätning var inte våtmarksimpediment före de dikades. Skogsstyrelsens återvätning leder därför normalt inte heller till att våtmarksimpediment uppstår.

Återvätning av torvmarker med mindre avrinningsområden kan under vissa förhållanden minska flödesvariationen något nära utloppen, alltså mycket lokalt.

## *Slutsatser kring återvätningens inverkan på växthusgasbalansen*

Från naturliga våtmarker avgår metan till atmosfären. Metan har emellertid kort uppehållstid i atmosfären. Det kol som finns bundet i torven 'kyler' klimatet i

högre grad. Ofta pågår dessutom en viss långsam torvtillväxt på odikade torvmarker.

Dikning medför torvnedbrytning som ger ökad koldioxid- och lustgasavgång, mer ju bördigare torv, varmare klimat och djupare dränering. Avgången av metan minskar efter dikning.

Återvätning återställer hydrologin till nära den ursprungliga. Då upphör nettoavgången av koldioxid och lustgas medan den högre metanavgången återkommer. I normalfallet kan även en förnyad torvtillväxt återkomma. Metanavgångens initiala storlek kan styras genom val av metod för återvätningen.

Baserat på hittills genomförd forskning har vi gjort en skattning av den genomsnittliga nettoklimatnyttan av återvätning, det vill säga utsläpp i dikad fas minus utsläpp i återvätt fas. Vi skattar tills vidare att klimatnyttan finns inom följande intervall i de fyra bördighetsklasser som Skogsstyrelsen använder [*ton koldioxid-kvivalenter per hektar och år*]:

|                                 | Tempererad zon | Boreal zon |
|---------------------------------|----------------|------------|
| Mycket hög (örttyper)           | 10–16          | 4–8        |
| Hög (grästyper)                 | 4–7            | 2–4        |
| Mellan (blåbärs- o fräkentyper) | 2–4            | 1–3        |
| Låg (övr ristyper)              | 1–3            | 0–1        |

Tillkommande forskning kan komma att justera intervallen.

Om marken bibehålls dikad via dikesrensning skulle utsläppen normalt fortgå i minst femtio år och ofta flera hundra år framåt, baserat på tjockleken av de torvlagar som finns på de dikade torvmarkerna och hastigheten på nedbrytningen av torv. Klimatnyttan av den extra skogsbiomassaproduktion dikningen då medför bedöms vara betydligt lägre än klimatnyttan av återvätning för bördigare marker.

### Övriga slutsatser

Återvätning bör kunna återskapa större tillgång till vatten och viktiga miljöer för arter vars utbredning missgynnats av utbredd utdikning i delar av landet.

Återvätning bedöms kunna ge en några gånger större myggförekomst på platser där det saknas andra våta marker inom ett avstånd på 300 meter. Risken att förekomsten av knott ska öka bedöms som liten.

# Summary

## *Background*

There are about 0,8 million hectares of drained productive<sup>1</sup> peatland forest in Sweden, according to definitions set by the National Forest Inventory, distributed about equal into four field vegetation type classes: herb types, grass types, blueberry+equisetum types and other less fertile types<sup>2</sup>.

Since 2021, the government has assigned the Swedish Forest Agency (SFA) to carry out large-scale rewetting through 50-year rewetting agreements, that are optional to landowners. The agreement implies that the SFA will block the ditches of the agreement area. The main aim is to reduce net emissions of greenhouse gases. The SFA is responsible for planning, implementation and costs. The landowner receives certain compensation for reduced land value.

## *Conclusions on hydrological impact of SFA rewetting*

For rewetting, SFA uses the method of ditch blocking at strategic places that depends on the site leaning. The method implies that the groundwater level will stay somewhat below the ground surface in the impact area during the growing season. The ditch blocking will accelerate the ditch overgrowth leading to further raise of the groundwater level with time. So far, the agreements have mainly involved ditches with relatively low water flux, implying that the ditches were not once natural streams.

SFA defines the rewetting impact area as the area where tree growth can be negatively affected by the raised groundwater level. That is approximated to occur where the groundwater level is less than 30 cm belowground for more than a few weeks during growing season.

We assess that, in case the peatland is completely flat, ditch plugging can result in an impact area up to 80 meters laterally from the blocked ditch. In most cases, however, there is a new ditch or leaning non-organic ground within 80 m, or the peatland slopes upwards laterally from the ditch. Where the peatland slopes upwards, the impact distance becomes shorter the greater the slope. A cut-off ditch that runs along a slope line, typically at the peatland edge, is assessed to have a downwards lateral impact until a new ditch is reached or the peatland ends. Open wetland within these limits is normally excluded from the agreement area as there can be no tree growth reduction.

The SFA rewetting does not lead to the restoration of any significant area of open wetland, as the areas prioritized for rewetting agreements were not once open wetland before they were drained.

Rewetting of peatlands with smaller catchments can to a minor degree reduce the water flux variation very locally downstream of the rewetting.

---

<sup>1</sup> Productive = growth > 1 m<sup>3</sup> wood per hectare per year

<sup>2</sup> other *Vaccinium*, *Rhododendron palustre*, *Carex* types

### *Impact on the greenhouse gas balance by the rewetting agreements*

Methane is released into the atmosphere from natural wetlands. However, methane has a short residence time in the atmosphere. The carbon bound in peat 'cools' the climate to a greater extent. There is often a certain slow peat growth on natural peatlands.

Drainage causes peat decomposition, which results in increased carbon dioxide and nitrous oxide emissions. Those are higher the more fertile the peat is, the deeper the drainage and the warmer the climate is. Methane emissions decrease.

Baserat på hittills genomförd forskning har vi gjort en skattning av den genomsnittliga nettoklimatnyttan av återvätning, det vill säga utsläpp i dikad fas minus utsläpp i återvätt fas, där gasernas inverkan jämförts i ett hundraårsperspektiv. Vi skattar tills vidare att klimatnyttan finns inom följande intervall i de fyra bördighetsklasser som Skogsstyrelsen använder [ton koldioxidekvivalenter per hektar och år]:

Rewetting restores the hydrology to near its original state. The net carbon dioxide and nitrous oxide emissions then cease and higher methane emissions return. A restored peat growth is also expected. The initial methane emission rate can be controlled by choosing a proper rewetting method.

Based on available research data, we estimate that the average net climate benefit of rewetting - emissions in the drained phase minus emissions in the rewetted phase - is within the following range in the four fertility classes used by the SFA [ton carbon dioxide equivalents per hectare and year]:

|                              | Temperate zone | Boreal zone |
|------------------------------|----------------|-------------|
| Very high (herb types)       | 10–16          | 4–8         |
| High (grass types)           | 4–7            | 2–4         |
| Medium (blueberry+Equisetum) | 2–4            | 1–3         |
| Low (other rice types)       | 1–3            | 0–1         |

Additional research may adjust the ranges.

Based on the thicknesses of the typical peat layers and the rate of peat degradation, emissions would normally continue for at least fifty years and often several hundred years ahead, if the drainage is maintained. The future climate benefit of the extra wood production that the drainage then provides was estimated to be significantly lower than the climate benefit of rewetting, on more fertile sites.

### *Other conclusions*

Rewetting can recreate greater access to water and important biotopes for many species whose presence have suffered from the widespread drainage in parts of the country.

Rewetting may result in a few times greater mosquito abundance in places where there are no other wetlands within 300 meters. The risk that the occurrence of midges will increase is assessed to be minor.

# 1 Bakgrund och historik

## 1.1 Syfte med rapporten

Syftet med denna rapport är att ge en översikt över den kunskap som Skogsstyrelsens verksamhet med återvättningsavtal baseras på när det gäller viktiga hydrologiska aspekter, klimatpåverkan och biologisk mångfald. Vi vill också förmedla var vi ser stora behov av fortsatt forskning inom dessa områden.

Kunskapen ligger till grund för avtalens och åtgärdernas utformning samt hur de kan utvärderas med avseende på klimatnytta. Det är avgörande att prioriteringar och metodval i Skogsstyrelsens återvättningsverksamhet i så hög grad som möjligt är baserade på vetenskaplig grund och beprövad erfarenhet.

I denna rapport behandlas inte potentiell påverkan på avrinnande vattens kvalitet av återvätning och inte heller faktorer som påverkar återvättningsavtalen ur ett ekonomiskt perspektiv eller underlag för framtagande av ersättningsnivåer. Dikningens och återvätningens inverkan på skogsproduktionen har behandlats mer utförligt i en tidigare rapport.<sup>3</sup>

Innehållet är tänkt att bidra till en förståelse bland medarbetare, markägare, forskare och andra intresserade för motiven till nuvarande prioriteringar och metodval, och inspirera till fortsatt forskning och analys som bidrar till verksamhetens utveckling.

## 1.2 Dikade torvmarkers fördelning på typ och landsdel

Omkring 1,7 miljoner hektar produktiv skogsmark i Sverige är täckt av minst 30 centimeter torv. Av denna areal skattas att cirka 0,8 miljoner hektar är dikespåverkad, det vill säga att man i Riksskogstaxeringen bedömt att det finns ett dike inom 25 meter från mitten av provytan (tabell 1.1). Av den dikespåverkade torvmarksarealen bedömdes att cirka 66 procent hade 'väl fungerande' diken inom 25 meter.<sup>4</sup>

*Tabell 1.1. [1000 hektar] Fördelning av skattad dikad produktiv torvmarskareal enligt Riksskogstaxeringen (2019–23) på fältvegetationstyper. (ma u f = mark utan fältskikt)*

| Fältveg.typ     | Örttyper +<br>ma u f | Grästyper | Blåbärs +<br>fräken | Övr ris +<br>starr | Summa |
|-----------------|----------------------|-----------|---------------------|--------------------|-------|
| <b>Landsdel</b> |                      |           |                     |                    |       |
| Götaland        | 77                   | 65        | 97                  | 57                 | 296   |
| Svealand        | 45                   | 26        | 40                  | 30                 | 141   |
| Södra Norrland  | 63                   | 12        | 43                  | 33                 | 152   |
| Norra Norrland  | 19                   | 43        | 58                  | 95                 | 214   |
| Summa           | 204                  | 146       | 239                 | 215                | 803   |

<sup>3</sup> Skogsstyrelsen Rapp. 2021/7

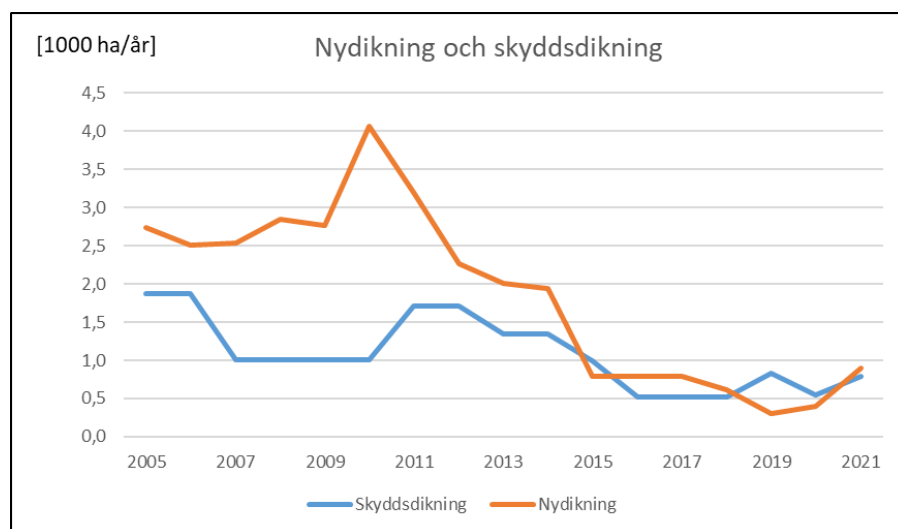
<sup>4</sup> Riksskogstaxeringen 2019–2023.

Omkring en halv miljon hektar våt fastmark (torv < 30 centimeter) bedöms också vara dikespåverkad.<sup>5</sup>

För de provytor där torvmarken lutar och diket ligger tydligt nedanför provytan påverkar inte diket grundvattennivån på provytan. Data från sådana provytor påverkar Riksskogstaxeringens skattning av den dräneringspåverkade arealen i över-skattande riktning. Där diket är av avskärande typ och ligger högre upp än provytan kan å andra sidan maxavståndet 25 meter ge en underskattning. Även i de fall torvmarken är platt kan maxavståndet 25 meter ge en underskattning av den dräneringspåverkade arealen (jfr kapitel 2 nedan). Sammantaget är det troligt att Riksskogstaxeringens definition ger en underskattning av den dräneringspåverkade torvmarksarealen.

### 1.3 Skogsdikningens historik

En andel av den bördigaste dikade skogsmarken dikades från början för jordbruksändamål och har efter det ställts om till skogsbruk. Egentlig skogsdikning började på 1850-talet, men åtgärdens omfattning var liten fram till förra sekelskiftet. Därefter ökade dikningsverksamheten påtagligt. Skälen var då inte enbart att höja skogsproduktionen och vinna ny mark utan också att skydda frisk mark från en förmodad pågående försumpning. En topp i dikningsverksamheten nåddes under depressionen på 1930-talet. Statliga anslag för skogsdikning ställdes då till förfogande för att lindra arbetslösheten. Kunskapen om dikningens inverkan på olika torvmarkstyper var då fortfarande låg. En stor andel av de impediment som dikades förblev improduktiva även efter dikningen (cirka 350 000 hektar). Det statliga anslaget för skogsdikning efter andra världskriget stimulerade till dikning av 10 000 – 15 000 hektar per år fram till början av 1990-talet då bidraget upphörde.<sup>6</sup>



Figur 1.1 [1000 hektar/år] Skattad årlig produktiv skogsmarksareal påverkad av nydikning och skyddsdikning 2005–2021 (även icke torvklädd mark). Skattning utifrån observationer av fjolårets åtgärder på provytorna. Data från Riksskogstaxeringen 2024.

<sup>5</sup> Hånell 2009

<sup>6</sup> Hånell 2009

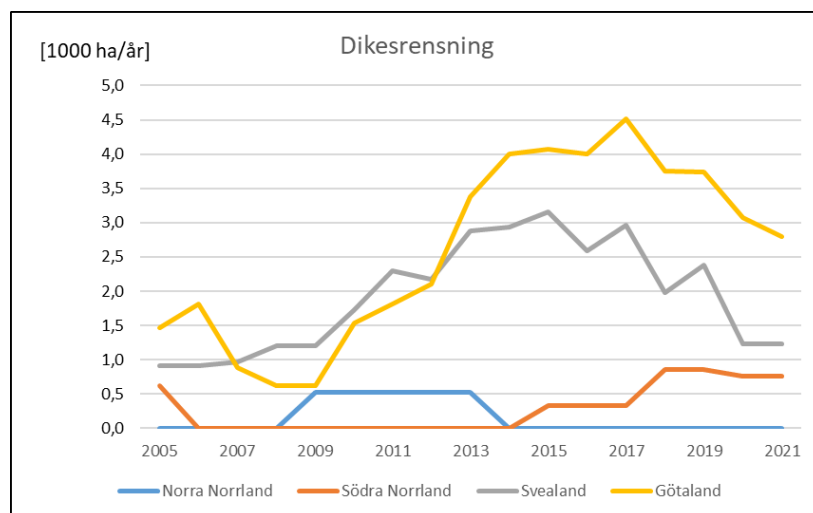
Den bördigaste torvmarken i Götaland har dikats ut till störst andel.<sup>7</sup>

En tillståndsplikt för markavvattning infördes år 1986. För att få utföra skogsdikning krävs sedan dess tillstånd från länsstyrelsen i hela landet. Markavvattningsförbudet i södra Sverige trädde i kraft 1994. Motivet var främst att hindra ytterligare förluster av biologisk mångfald knuten till dessa miljöer.

På 1970-talet började skogsbruket använda sig av så kallad skyddsdikning. Den utförs för att förhindra försumpning av lägre liggande delar av ett slutavverkat område temporärt under hyggesfasen. Skyddsdikningen syftar till att underlätta markberedning och föryngring av dessa partier. Skyddsdikning minskade i omfattning efter införandet av den nya skogsvårdslagen år 1993. Kunskapen har ökat om att den naturliga föryngringen ofta är god på fuktig mark och att markberedning därmed inte behövs i samma grad som på vanlig mark. Ibland sparas de fuktigare partierna som hänsynsområden vid slutavverkning.

Dikningen bedöms ha givit en produktionsökning på i genomsnitt 1–2 skogskubikmeter per år och hektar.<sup>8</sup> I de mer lyckade fallen rör det sig om runt 3 skogskubikmeter per år och hektar.

Mellan 2005 och 2011 skattades arealerna nydikning och dikesrensning i skogen till sammanlagt cirka 5 000 hektar om året (figur 1.1). Efter det har nivån sjunkit ner mot drygt 1 500 hektar per år (2015–2021). Enligt Riksskogstaxeringen har emellertid den dräneringspåverkade skogliga torvmarksarealen ökat med cirka 80 000 hektar under de senaste 14 åren.<sup>9</sup> En del av tillskottet kan komma från tidigare jordbruksmark som ställts om till skogsmark och diken längs nya vägar och bebyggda områden. Den ökade dikesrensningsaktiviteten (figur 1.2) kan också ha inneburit att diken räknas med i Riksskogstaxeringen i högre grad.



Figur 1.2 [1000 hektar/år] Skattad årlig produktiv skogsmarksareal påverkad av dikesrensning (även icke torvklädd mark) 2005–2021. Data från Riksskogstaxeringen 2024.

<sup>7</sup> Riksskogstaxeringen 2024

<sup>8</sup> Skogsstyrelsen Rapp 2021/7

<sup>9</sup> Jfr Hånell 2009 och Riksskogstaxeringen

Skogsdiken underhålls ofta genom dikesrensning med 20 till 40 års intervall. Det är då inte tillåtet att fördjupa dikena utöver det ursprungliga dikesdjupet.<sup>10</sup> Graden av underhåll beror på markägarens inställning till åtgärden och på hur lönsam den bedöms vara. Till följd av att torven successivt bryts ned blir det på många torvmarker svårt att upprätthålla dräneringsgraden och därmed produktionshöjningen över tid.

Under perioden 2012–2021 dikesrensades i genomsnitt 6 400 hektar årligen i Sverige (figur 1.2). Trenden under senare delen av perioden var sjunkande, förutom i södra Norrland.

Insikten att dikad torvmark bidrar till klimatpåverkan började uppmärksammas i början av 1990-talet. Sedan dess har kunskapen ökat avsevärt om hur dikning av olika typer av torvmarker inverkar på klimatet.

Arealen dikad organogen jordbruksmark har minskat över tid. Vid en GIS-baserad inventering, med vissa begränsningar, hittades runt 50 000 hektar torvmark från Mälardalen och söderut, som var jordbruksmark på 'ekonomiska kartan' (ungefär 1960-talet) men som nu är skogsmark.<sup>11</sup> En hel del omställning från jordbruksmark till skogsmark har dock skett tidigare än så. Det ser vi när vi jämför det nämnda utpocket med gamla häradskartor och liknande i analysarbetet. Det innebär att den totala torvmarksarealen som nu är skogsmark men som tidigare använts för jordbruksändamål (odling, bete, slåtter) är betydligt större än 50 000 hektar, troligtvis mer än dubbelt så stor.

## 1.4 Återvätningens historik

En medvetenhet om hur diknings- och sjösänkingsverksamheten påtagligt reducerade tillgången på miljöer för de våtmarkskrävande arterna växte fram under 1900-talet. Spridda insatser gjordes för att återställa och även nyskapa grunda sjöar, ofta med mindre öar avsedda för fågelhäckning. Många åtgärder genomfördes i länsstyrelsernas regi. Ett välkänt exempel är återställningen av Hornborgasjön.<sup>12</sup> Från och med 1990-talet tog återställningsarbetet något högre fart, delvis tack vare olika ekonomiska stöd, och man lyfte då även betydelsen av våtmarkers förmåga att ta om hand överskottsnäring från jordbruket. Förutom staten och EU har bland annat Svensk våtmarksfond och Naturskyddsföreningen varit viktiga finansierare. Sedan år 2019 har statsfinansieringen ökat betydligt.

Under decennierna som följde lyftes allt oftare även behovet av att stoppa den omfattande nettoavgång av växthusgaser som sker på stora delar av den dikade marken, mot bakgrund av den växande insikten om klimatproblemet.<sup>13</sup> I rapporten från den klimatpolitiska vägvalsutredningen år 2019 föreslogs därför att 100 000 hektar skoglig torvmark och 10 000 hektar organogen jordbruksmark skulle återvätas till år 2040.<sup>14</sup>

<sup>10</sup> Miljöbalken kap 11 §15

<sup>11</sup> Berglund & Eklöf 2019

<sup>12</sup> Jonsson et al. (årtal saknas)

<sup>13</sup> Text av Hjerpe et al. 2014

<sup>14</sup> SOU 2020

Återvätning skiljer sig från våtmarksskapande åtgärder på mark som aldrig varit våtmark. Våtmarksskapande åtgärder syftar ofta främst till att skapa miljöer för biologisk mångfald som minskat över tid i landskapet, eller minska näringsläckaget från omgivande jordbruksmark till vatten nedströms. Det kan också finnas andra syften med att påverka hydrologin i landskapet, estetiska eller praktiska, exempelvis att åstadkomma flödesutjämning relativt nederbörden för att motverka bäckuttorkning och översvänningsrisker nedströms. När vi idag talar om återvätning med klimatomotiv så är det i första hand återvätning av tidigare utdikad torvmark som avses.

Återvätningen kan vara aktiv i form av att diken pluggas eller läggs igen på strategiskt valda punkter. Återvätning kan också vara passiv genom att ingen dikesrensning sker så att diken tillåts växa igen. Diken med högre vattenföring som ersatt eller rätat ut och fördjupat naturliga bäckar kommer dock inte att växa igen av sig själva.

Om återvätning genomförs på skogsmark minskar markens bärighet vilket kan fördyra framtida avverkning och uttransport av virke. Trädens tillväxt blir i många fall lägre efter återvätning, i medeltal 1–2 skogskubikmeter per år och hektar. Återvätning bedöms dock som regel inte leda till minskade virkesförråd över tid, då en lägre tillväxt vägs upp av en längre omloppstid, alternativt ett jämnare virkesförråd över tid om man övergår till ett hyggesfritt brukande.<sup>15</sup>

## 1.5 Skogsstyrelsens återvätningsverksamhet

Skogsstyrelsen fick år 2021 ett uppdrag från regeringen att genomföra åtgärder för att återväta utdikade torvmarker via så kallade återvätningsavtal. Återvätningsavtal är ett frivilligt civilrättsligt avtal som skrivs mellan markägaren och Skogsstyrelsen. Återvätningsavtalet är en form av naturvårdsavtal med stöd i jordabalken. Uppdraget genomförs i samråd med Naturvårdsverket.

Återvätningsavtalet innebär att markägaren får en ersättning som relaterar till markvärdesminskningen och Skogsstyrelsen får rådighet att plugga diken inom avtalsområdet. Huvudsyftet med verksamheten är att sänka nettoutsläppen av växthusgaser från dikad torvmark.

För att uppnå kostnadseffektiv klimatomnytta används medlen i avtagande grad från söder mot norr och bördiga torvmarker prioriteras. Skogsstyrelsen står för analys, planering och, i förekommande fall, anmälan eller ansökan om vattenverksamhet. Pluggningen genomförs normalt med hjälp av utbildade och upphandlade entreprenörer.<sup>16</sup>

Skogsstyrelsen analyserar tilltänkta områden med avseende på påverkansområde, infrastrukturpåverkan, sakägare, miljövärden, förekomst av markavvattningsföretag med mera och anpassar vid behov åtgärderna, alternativt avstår åtgärd.

Skogsstyrelsen använder sig av fyra klasser i bedömningen av torvens bördighet; Mycket hög, Hög, Mellan och Låg. Förenklat kan man säga att örttyper, före detta

<sup>15</sup> Skogsstyrelsen Rapp 2021/7

<sup>16</sup> Läs mer om verksamheten i Skogsstyrelsens rapport 2025/1

jordbruksmark och områden med mark utan fältskikt klassas som 'Mycket hög', grästyper som 'Hög', blåbärstyp som 'Mellan' och övriga ristyper och starrtyper<sup>17</sup> som 'Låg'. Om ett område består av delar med olika vegetationstyp görs en sammanvägning. Om det exempelvis består av hälften örttyp och hälften blåbärstyp kan klassningen bli Hög. I praktiken beror markens produktionsförmåga också av hur väl dräneringen fungerar på platsen, men detta bortses ifrån då en dikesrensning normalt kan återställa produktiviteten. Väl dränerade objekt prioriteras dock högre än dåligt dränerade objekt. För det senare fallet kan en avtalsvariant som enbart har till syfte att hindra dikesrensning övervägas.

Metoderna för dikespluggningen är utformade så att risken för temporärt ökad slamtransport motverkas. Om det finns höga naturvärden i vattendrag nedströms vinnlägger man sig om detta i än högre grad. Skogsstyrelsen följer kunskapsutvecklingen kring eventuell påverkan på utlakning av metylkvicksilver som följd av återvätning, för att vid behov anpassa verksamheten i potentiella riskområden.

För att återvätningen ska ge stor nytta på lång sikt riktar verksamheten främst in sig på marker där minst ett hektar har en torvtjocklek på över 30 centimeter. I vissa fall kan dock gränsen sänkas, speciellt där vegetationstypen signalerar hög bördighet och därmed snabb torvnedbrytning.

Skogsstyrelsens återvätning leder endast undantagsvis till att någon betydande areal våtmarksimpediment skapas. Det beror framförallt på att de prioriterade områdena inte var impediment när de en gång dikades.

Återvätningsavtal tecknas på femtio år. Vi bedömer att en stor andel av avtalsområdena efter den tiden kommer ha nått så kallat 'nytt naturtillstånd' ur hydrologisk synvinkel, då dikespluggningen bör påskynda igenväxningen av diken påtagligt. Det betyder, med dagens lagstiftning, att dikesrensning inte längre är tillåtet.

---

<sup>17</sup> Starrtyper är ovanliga på dikad torvmark där dräneringen fungerar.

## 2 Hydrologisk påverkan av Skogsstyrelsens återvätningsavtal

### 2.1 Effekt på grundvattennivån

Skogsstyrelsen återväter genom att plugga diken i avtalsområdet på vissa platser som beror av lutningen. Metoden innebär att grundvattennivån i genomsnitt hamnar en bit under markytan under vegetationsperioden i de dikesnära delarna av påverkansområdet. Vattenspeglar uppstår främst i mindre partier ovan pluggarna och i groparna där material till pluggarna tas. Själva diken kommer också att vara vattenfyllda en betydligt längre del av året än innan dikespluggningen. Pluggningen påskyndar dikenas igenväxning. Först när diken är igenväxta får man 'full' effekt på grundvattennivåhöjningen.

Skogsstyrelsen har valt att definiera påverkansområdet som det område där den högre grundvattennivån efter återvätning riskerar att ge en negativ inverkan på skogstillväxten. Det bedöms vara det område där återvätningen kan medföra höjning av grundvattennivån inom rotzonen, det vill säga 30 centimeter från markytan, längre perioder varje vegetationsperiod.<sup>18</sup>

En litteraturanalys initierad av FORMAS visade att återvätning typiskt hade tydlig påverkan på grundvattennivån (16–28 centimeter höjning) nära diken och att påverkan minskat till cirka hälften 10 meter från diken. Sammanställningen indikerade att effekten normalt sett helt upphört efter i storleksordning 80 meter från diket.<sup>19</sup> Man gjorde inte skillnad på om torvmarken lutade åt sidorna eller inte i sammanställningen, men det förefaller troligt att den här typen av studier främst görs på relativt platt torvmark.

Skogsstyrelsen använder sig därför av sträckan 80 meter vinkelrätt från diket uppströms en dikesplugg vid bestämning av påverkansytans utbredning på helt platt torvmark, såvida inte torvmarken övergår i våtmarksimpediment innan dess. Om marken är impediment är det uppenbart att diket inte haft någon nämnvärd produktionshöjande effekt. I de flesta fall sluttar marken uppåt i sidled före 80-metersgränsen, antingen direkt på torvmarken eller där torvmarken tar slut och mineraljordsmark tar vid. Då minskar avståndet till gränsen för påverkansområdet i relation till var lutningen börjar och hur stor den är. De tumregler vi använder då är:

- Inom avståndszonen 0–25 meter från diket bedöms skogsproduktionen vara opåverkad efter att marken höjt sig 50 centimeter ovan dämmhöjden.
- Inom avståndszonen 25–80 meter från diket bedöms skogsproduktionen vara opåverkad efter att marken höjt sig 30 centimeter ovan dämmhöjden.
- Efter 80 meter är den opåverkad även om marken är helt platt.

Skogsstyrelsen bedömer att dessa tumregler ringar in påverkansområdet med avseende på negativ påverkan på skogstillväxten med viss marginal. Brunnar, vägar och kulturlämningar påverkas i normalfallet inte heller negativt så länge de ligger utanför (uppströms) detta påverkansområde.

<sup>18</sup> Muntlig kommunikation 2021, professor Björn Hånell, SLU.

<sup>19</sup> Bring et al .2022

En modellanalys av fyra olika typer av områden pekade mot ett 'påverkansområde' på 20–30 meter i sidled på flack mark från igenlagda diken för torvmarker i typområde moränsluttning (som bör vara vanligast av de analyserade typerna i Skogsstyrelsens återvätningsavtal). Här var dock definitionen av påverkansområde att åtgärden höjer grundvattennivån med minst 30 centimeter.<sup>20</sup>

En tumregel baserad på praktisk fälterfarenhet säger att ett dikes positiva effekt på trädutväxten endast sträcker sig 20–30 meter i sidled från diket. Vid bestämning av området där man får en negativ effekt av återvätning handlar det emellertid inte om var effekten är stor och tydlig, utan om var den alls kan finnas.

Vi tycker i dagsläget att det är svårt att bedöma inverkan av ett så kallat avskärande dike som går vinkelrätt mot lutningen i en sluttning. På uppströmssidan sänks grundvattenytan bara helt nära diket, men nedströms skär diket av grundvattenflödet vilket gör att grundvattensänkningen troligtvis kan nå långt.<sup>21</sup> Här gör Skogsstyrelsen tills vidare en generaliserad bedömning att dräneringseffekten fortgår tills torvmarken tar slut om inte ett nytt dike infinner sig eller marken övergår i våtmarksimpediment före dess.

Dessa avgränsningsregler gör att påverkansområdena i grova drag håller sig till torvmark.

I specialfallet där det finns ytligt dikad torvmark på tunna tätande lerlager i angränsning till isälvsmaterial måste även en återvätning ske försiktigt så att man inte råkar skapa en artesisk källa av en för djup grop alternativt dränering av torvmarken.<sup>22</sup>

## **2.2 Kan återvätning ge en ökad tillgång på uttagbart grundvatten?**

En viss möjlighet att påverka tillgången på ett uttagbart grundvatten finns då återvätning görs vid platser med genomsläppliga jordarter i direkt eller nära anslutning till torvmarken.<sup>23</sup> Beroende på förutsättningarna kan en höjd grundvattennivå i eller i anslutning till sådana områden i vissa fall öka magasineringsförmågan av ett uttagbart grundvatten. I praktiken handlar det om torvmarker intill rullstensåsar eller ändmoräner eller i sandurområden.<sup>24</sup>

### ***Återvätningens påverkan på översvämningssrisker och basflöden***

En studie av 82 avrinningsområden i Sverige visade att ju större sjö- och vattendragsnära våtmarker det finns i ett avrinningsområde, desto större blir flödesdämpningen vid utloppet.<sup>25</sup> Avrinningsområdena hade en medelstorlek på 967 hektar och en medianstorlek på 267 hektar. En flödesdämpning betyder både att

<sup>20</sup> Forsgård et al. 2022

<sup>21</sup> Grip & Rodhe 1988

<sup>22</sup> Thorsbrink et al. 2019

<sup>23</sup> Thorsbrink et al. 2019

<sup>24</sup> <https://www.sgu.se/anvandarstod-for-geologiska-fragor/geologisk-handledning-for-vatmarksatgarder/>

<sup>25</sup> Quin & Destouni 2017

flödestopparna blir mindre och att basflödet under torrperioder blir högre. Det fanns också en svag tendens att andelen beskogade våtmarker högre upp i systemet hade betydelse för flödesdämpningen ( $p=0,087$ )<sup>26</sup> i utloppen av dessa, i sammanhanget, relativt stora avrinningsområden. Inverkan på flödesvariationen var liten jämfört med andelen sjö- och vattendragsnära våtmarker.

En simulering av återvätning av all dikad mark i landets alla avrinningsområden (medelstorlek 1 000 hektar) kunde emellertid inte påvisa annat än en mycket liten ( $<1$  promille) sänkning av högflöden och ökning av lågflöden.<sup>27</sup> Ingen uppdelning på olika avrinningsområdesstorlekar gjordes här.

I studier av ett par objekt i Västerbotten med avrinningsområden på 47 respektive 60 hektar visades att återvätning av torvmarker kan ge viss flödesdämpning vid sina respektive utlopp.<sup>28</sup>

Slutsatsen är således att återvätning av torvmarker med mindre avrinningsområden under vissa förhållanden kan minska flödesvariationen något nära utloppen, alltså mycket lokalt.

### 2.3 Kan återvätningen minska risken för torkstress hos träd?

Då skogsmark normalt är åtminstone lätt kuperad runt våra avtalsområden är den generella vattenrörelsen oftast riktad nedåt mot torvmarken.<sup>29</sup> Det betyder att det område där grundvattennivåhöjningen skulle kunna ha en positiv inverkan runt avtalsområdet utgörs av en ganska smal remsa. Undantag skulle kunna finnas om avtalsområdet gränsar till grova sedimentmarker eller marker som är typiska för Öland och Gotland.

Emellertid kan granskog på dikade torvmarker utsättas för torkstress under extrema torrsomrar, trots att grundvattnet inte är så långt bort. Granar får ofta relativt grunda rotsystem på dikad torvmark. I kombination med att grundvattennivån sjunker ner en bit och att torr torv inte leder vatten särskilt bra kan torkstress uppstå. Efter torrsommaren 2018 var granbarkborreskador vanliga även på dikad torvmark under påföljande år.<sup>30</sup> Därför är det troligt att också skogstillväxten påverkades negativt av torkstressen, på en betydligt större areal än den som drabbades av granbarkborreskador. Om även dikad torvmark påverkas negativt av torka torra år kan det bidra till att förklara varför trädstillväxten inte ser ut att skilja så mycket i praktiken mellan dikad och odikad mark eller mellan marker med diken med god respektive dålig funktion.<sup>31</sup>

### 2.4 Forskningsbehov – återvätningens påverkan på hydrologin

- I vilka fall – geografiskt och klimatmässigt - kan återvätning minska risken för torkstress inom och vid sidan av påverkansområdet?

<sup>26</sup>  $p<0,05$  brukar räknas som signifikant.

<sup>27</sup> Schützer et al. 2023

<sup>28</sup> Karimi 2024

<sup>29</sup> Jfr Grip & Rodhe 1988

<sup>30</sup> Muntl ref Jonas Bergqvist, nu pensionerad från Skogsstyrelsen.

<sup>31</sup> Skogsstyrelsen 2021/7

- Hur kan arealen där återvätning kan ge negativ påverkan på skogstillväxten bestämmas med större noggrannhet så att onödigt stora säkerhetsmarginaler undviks?
- Hur stor blir grundvattennivåhöjningen i medeltal då Skogsstyrelsens återvätningsmetodik tillämpas – på kortare och längre sikt?
- Hur påverkar avskärande diken grundvattennivån nedströms i olika fall?
- Kan metoden för att skatta arealen dräneringspåverkad torvmark förbättras i Riksskogstaxeringen?

## 3 Återvätningsens klimatnytta

### 3.1 Dikningens klimatpåverkan

Torvmark bildas där en hög grundvattennivå hämmar nedbrytningen så att ofullständigt nedbrutet organiskt material sakta lagras upp ovanpå mineraljorden.<sup>32</sup> Det bedöms även ske på skogklädda våtmarker.<sup>33</sup> På magrare odikad skogklädd torvmark växer naturligt främst tall, på mellanmarker tall, glasbjörk och gran, främst på socklar, och på riktigt bördiga torvmarker främst al och glasbjörk.

Kunskap om hur emissioner och upptag av koldioxid, metan och lustgas varierar på olika torvmarker på våra breddgrader har samlats in med olika metoder. Gasflödesmätningar, mätningar av kol i olika former i avrinnande vatten samt andra metoder för skattning av torvtillväxt på orörda våtmarker<sup>34</sup> och torvnedbrytning på dikad mark<sup>35</sup> har bidragit till kunskapsbilden - se olika kunskapssammanställningar<sup>36</sup>.

När en torvmark dikas sänks grundvattenytan så att syretillgången ökar. Det leder till ökad nedbrytning. I de flesta fallen får man då en nettoförlust av kol från marken, i form av koldioxid till luften. Torvnedbrytningen går snabbare ju bördigare torvmarken är (tabell 3.1) och ju mer man lyckats sänka grundvattennivån.<sup>37</sup> På organogen jordbruksmark har torvnedbrytning motsvarande en förlust av 1–2 centimeter torv per år uppmätts.<sup>38</sup> På mager torvmark i borealt klimat verkar den ökade torvnedbrytningen vara så pass långsam att den enbart sänker torvtillväxten (tabell 3.1). Förlusten av organiskt kol via avrinningsvattnet ökar också något efter dikning, främst i form av löst organiskt kol.

Vid dikning minskar avgången av metan jämfört med ett odikat tillstånd. Metanavgången från torvmark är starkt beroende av grundvattenytans läge. Det beror på att metanproduktionen missgynnas av mer syrerika förhållanden. Dessutom konsumeras metan som producerats längre ner i marken på sin väg upp genom den syresatta delen av markprofilen. Metanavgången ökar även med ökad årsmedeltemperatur. Normalt får man även en ökad avgång av lustgas efter dikning. Vid återvätningen återgår växthusgasflödena helt eller delvis till förhållandena som rådde före dikningen.<sup>39</sup>

Avgången av lustgas efter dikning blir större ju kväverikare torven är.<sup>40 41</sup> Markvegetationen speglar kvävetillgången i marken, vilket i sin tur speglas av

<sup>32</sup> Organogen mark = torvmark (till skillnad från minerogen mark). I den svenska klimatrapporteringen har torvmark ett mineraljordsfritt torvskikt som är minst 40 cm tjockt. (Om torven ligger direkt på berggrund räcker 10 cm.) I skogliga sammanhang används ofta 30 cm som gräns.

<sup>33</sup> Laine et al. 2024

<sup>34</sup> Turunen 2003; Klarqvist 2001

<sup>35</sup> Berglund 1989

<sup>36</sup> T ex Wilson et al. 2016; Laine et al. 2024; Kasimir & Lindgren 2024; Lindgren & Lundblad 2014

<sup>37</sup> Wilson et al. 2016

<sup>38</sup> Berglund 1989

<sup>39</sup> Skogsstyrelsen Rapp 2021/7

<sup>40</sup> Klemetsson et al. 2005

<sup>41</sup> Pärn et al. 2018

kol/kväve-kvoten i humusskiktet. Enligt data från Riksskogstaxeringen 2024 är kol/kväve-kvoterna på dikad torvmark för örttyper 21, grästyper 23, blåbärs- och fräkentyper 29 och övriga ris- och starrtyper 31.<sup>42</sup> Denna data gav ingen indikation på gradient i kol/kväveknot från söder till norr på samma vegetationstyp. Där emot bör lustgasavgången också bero av torvens nedbrytningshastighet som ju ökar från norr till söder (tabell 3.1).

Dikningseffekten minskar sakta hos diken som växer igen så att grundvattenytan höjs men får förnyad fart vid dikesrensning.

Den substitutionsnytta (minskade växthusgasutsläpp på grund av att skogsprodukter ersätter andra produkter med större klimatpåverkan) man kan få av den extra skogsproduktion som dikningen ger är för bördigare torvmarker liten jämfört med nettoökningen i växthusgasavgång som dikningen medfört från marken. På magrare torvmarker får substitutionsnyttan större relativ betydelse, trots att den är lägre i absoluta tal. Genomsnittet för substitutionsnyttan kan skattas till i storleksordning mellan 1–2 ton koldioxidekvivalenter per år och hektar, med den blandning av produkter som finns på marknaden idag. Den blir dock osäker på längre sikt då efterfrågan på virke kan påverka skogsskötselambitionerna på övrig skogsmark, såväl inom som utanför landet, och återbruk och andra förnybara alternativ till byggnadsmaterial och energi kan ha tagit större marknadsandelar.<sup>43</sup>

### 3.2 Återvätningens klimatpåverkan

Återvätning innebär att grundvattenytan på en dikad mark höjs till en nivå närmare markytan. Detta leder normalt till att torvnedbrytningen upphör och därmed den ökade avgången av koldioxid och lustgas som dikningen givit upphov till. Samtidigt återgår avgången av metan till en högre nivå, mer lik nivån som rådde före torvmarken dikades. En återvätt torvmark blir ofta återigen en sänka för kol över tid, det vill säga att torven sakta växer till (tabell 3.1).

Metanavgången är framförallt kopplad till grundvattennivåns läge (figur 3.1) då en mer syrerik markzon överst ofta innehåller metanoxiderande bakterier. Förekomst av vegetation med ihåliga stammar som kan ge metanet en genväg till ytan (till exempel vass) påverkar också metanavgången.<sup>44</sup> Dessutom påverkas metanavgången av temperaturen.<sup>45</sup>

Det finns också mätningar av hur mycket metan som transporteras bort via avrinnande vatten. I en studie ökade avrinningen av metan med 70 procent respektive 8 gånger efter återvätning via dikesigenläggning.<sup>46</sup> Inte heller den större ökningen (cirka 0,1 ton koldioxidekvivalenter per år och hektar) påverkade dock den totala

<sup>42</sup> Medelvärde för 2013–2022

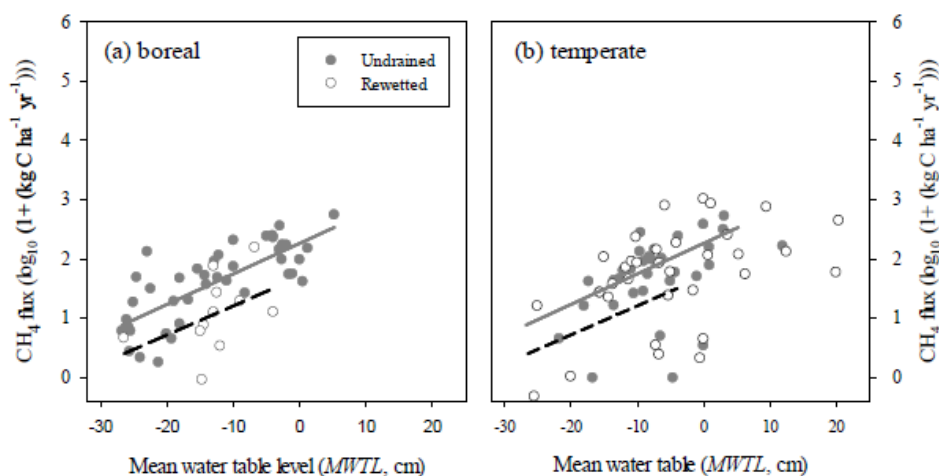
<sup>43</sup> Skogsstyrelsen Rapp 2021/7

<sup>44</sup> Kasimir och Lindgren 2024

<sup>45</sup> Komulainen et al. 1998

<sup>46</sup> Zannella 2024

metanavgången mer än marginellt.



Figur 3.1. Korrelationer mellan djup till grundvattenytan (cm, x-axeln) och nettoavgång av metan (kg metan-kol/ha, år, logaritmisk skala, y-axeln) för naturliga torvmarker (fyllda cirklar) och efter återvätning (ofyllda cirklar). Heldragen grå linje är regressionslinjen för naturliga våtmarker och streckad svart linje är regressionslinjen för marker efter återvätning. Resultat från boreal zon till vänster (a) och från tempererad zon till höger (b). Reproducerad från Wilson et al. (2016).<sup>47</sup>

Då koldioxid har en genomsnittlig uppehållstid på 150 år och metan på runt 10 år i atmosfären får metan större betydelse om man räknar på nettoeffekten efter tjugo år<sup>48</sup>, men förlorar i betydelse om man räknar med ett flerhundraårigt tidsperspektiv. Även återvätning av mager torvmark i boreal zon ger ofta en viss klimatnytta när man utvärderar den i ett femhundraårigt tidsperspektiv.<sup>49</sup> FN:s klimatpanel rekommenderar emellertid ett hundraårsperspektiv vid denna typ av analyser.<sup>50</sup>

Sammanställningen av data i figur 3.1 visar att återvätt torvmark beter sig likt naturlig odikad mark när det gäller metanavgång, dock på en något lägre nivå i medeltal. Om metanavgången ligger lägre till en början för återvätt mark bör den emellertid närma sig odikad mark med tiden, i takt med att dikena växer igen.

### 3.3 Skattning av klimatnytta för Skogsstyrelsens återvätning

För att kunna prioritera rätt torvmarker i återvätningsverksamheten och kommunicera den ungefärliga klimatnyttan hos olika avtal har Skogsstyrelsen ett behov att kunna skatta nettoklimatnyttan av återvätning med högre upplösning på bördighet än de flesta sammanställningar redovisat hittills. För den tempererade zonen redovisas dessutom ofta bara en sammanslagen siffra för både hög och låg bördighet för skogklädd torvmark.

I Skogsstyrelsens återvätningsverksamhet sorteras objekten in i en av fyra bördighetsklasser (se kapitel 1). Gränsen mellan tempererad och boreal zon beror både av latitud och altitud. Grovt kan man säga att den går mellan Svealand (utom nordvästra delen) och Norrland (limes Norrlandicus). Emellertid flyttar den sig

<sup>47</sup> Wilson et al. 2016

<sup>48</sup> Skogsstyrelsen Rapp 2021/7

<sup>49</sup> Laine et al. 2024

<sup>50</sup> IPCC 2013

sakta norrut/uppåt, till följd av klimatförändringarna, så att även låglänta delar av norrlandskusten kan räknas som tempererad zon.

En av de studier som hittills rapporterats från södra Sverige visade på mycket hög avgång av koldioxid från en dikad, beskogad, bördig tidigare odlad torvmark (cirka 31 ton koldioxidekvivalenter per år och hektar).<sup>51</sup> Då dräneringen här var så pass djup (cirka 70 centimeter) bedömer vi att den ytan är ett exempel på en hög avgång för klassen Mycket hög, men att den troligtvis inte är så vanlig.

I en studie där man mätte förlusten i torvskikt under senare decennier på fyra olika objekt med örttyp/mark utan fältskikt, skattades en torvförlust på cirka 12 ton koldioxidekvivalenter per år och hektar (0,5 centimeter per år) för södra Sverige.<sup>52</sup> Metodiken i det arbetet byggde på mätningar av skillnaden mellan trädets gropunkt (fröet) och ytans läge för torven i dagsläget. Höjdskillnaden delades med trädets ålder. För grästyper skattades en marksänkning på 0,28 centimeter per år (samma i söder och norr), för blåbärstyp cirka 0,18 centimeter per år (något högre i söder och lägre i norr) och för fattigristyp (stor variation) 0,1 centimeter per år. Metoden riskerar eventuellt att underskatta torvförlusten då det ofta förekommer håligheter i utdikad torv, vilket kan betyda att torvnedbrytningen sker ojämnt i markprofilen och att all nedbrytning inte visar sig i form av sänkt markyta. I bedömningen av genomsnittlig koldioxidavgång från dikad mark (tabell 3.2) läggs ändå förhållandevis stor vikt vid denna studie.

Skattningen av genomsnittlig lustgasavgång från dikad mark för de fyra bördighetsklasserna i tempererad respektive boreal zon i tabell 3.2 baserar sig på ovan nämnda lustgasstudier och kol/kväve-kvoter enligt Riksskogstaxeringen samt att torvnedbrytningen är snabbare i söder (tabell 3.1).

På Skogsstyrelsens avtalsområden (se definition ovan) bör den genomsnittliga grundvattennivån över området och året inte kunna hamna högre än 10 centimeter under markytan. Då metanavgången kan vara högre från vattenytor strax över markytan använder sig Skogsstyrelsen tills vidare av en begränsningsregel som säger att max en tiondel av påverkansområdet får bli vattenspegel under en längre del av vegetationsperioden. Det är i praktiken mycket ovanligt att andelen ens når en tjugondel eftersom dikespluggning tillämpas som metod för återvätningen. Enligt en sammanställning av metanemissionsvärden (figur 3.1) bör metanavgången således sällan överstiga 4,5 ton koldioxidekvivalenter per år och hektar i tempererad zon och 2,3 ton i boreal zon. För den bördigaste klassen skattar vi ändå en metanavgång motsvarande 6 ton koldioxidekvivalenter per år och hektar, baserat på litteraturvärden.<sup>53</sup>

<sup>51</sup> Meyer et al. 2013

<sup>52</sup> Carlsson & Jönsson 2023

<sup>53</sup> Skogsstyrelsen Rapp 2021/7

**Tabell 3.1. [koldioxidekvivalenter per år och hektar]<sup>54</sup>. Data från litteraturbaserade bedömningar (1)<sup>55</sup>, (2)<sup>56</sup>, (4)<sup>57</sup> av genomsnittliga utsläpp baserade på gasflödesmätningar från dikade respektive återvätta produktiva torvmarker, samt en skattning av koldioxidavgång baserad på mätning av senare decenniernas torvlagerminskning på dikad mark (3)<sup>58</sup>. Bördig = örttyper, grästyper och blåbärs- och fräkentyper tillsammans. Metanavgång från diken är inräknade. Koldioxid inkluderar löst organiskt kol för 1 o 2. Boreal zon representerar här i hög grad det finska klimatet som ungefär motsvarar medelhögt belägna områden i Svealand (100–350 m ö h) och lägre belägna områden i Norrland (< 300 m ö h).**

| <b>Dikad torvmark</b> |                          | Koldioxid | Lustgas | Metan | Summa |
|-----------------------|--------------------------|-----------|---------|-------|-------|
| Tempererad            | Jordbruksmark (2)        | 23        | 5,6     | 1,6   | 30    |
|                       | Bördig (1)               | 11 (31)   |         | 0,3   |       |
|                       | Bördig+näringsfattig (2) | 10        | 1,2     | 0,2   | 11    |
|                       | Örttyper (3)             | 12        |         |       |       |
|                       | Grästyper (3)            | 5,2       |         |       |       |
|                       | Blåbärstyp (3)           | 3,1       |         |       |       |
|                       | Näringsfattig (1)        | 4,1       | 0,2     | 0,3   | 4,6   |
| Boreal                | Grästyper (3)            | 3,4       |         |       |       |
|                       | Blåbärstyp (3)           | 2,6       |         |       |       |
|                       | Övr ristyper (3)         | 1,0       |         |       |       |
|                       | Bördig (1)               | 2,4 (10)  |         | 0,25  |       |
|                       | Bördig (2)               | 3,8       | 1,4     | 0,2   | 5,4   |
|                       | Bördig (4)               | 2,6       | 0,63    | 0,1   | 3,3   |
|                       | Näringsfattig (1)        | -0,4      |         | 0,4   |       |
|                       | Näringsfattig (2)        | 1,4       | 0,10    | 0,3   | 1,8   |
|                       | Näringsfattig (4)        | -0,45     | 0,22    | 0,10  | -0,2  |

| <b>Återvätt torvmark</b> |                            | Koldioxid | Lustgas | Metan | Summa |
|--------------------------|----------------------------|-----------|---------|-------|-------|
| Tempererad               | Jordbruksmark (2)          | -0,5      | 0,10    | 4,0   | 3,6   |
| Tempererad – skog        | Bördig (1)                 | -0,9      |         | 11    |       |
|                          | Bördig+näringsfattig (2)   | -0,5      | 0,10    | 2,6   | 2,2   |
|                          | Näringsfattig (1)          | -0,9      |         | 4,1   |       |
| Boreal – skog            | Bördig (1)                 | -1,2      |         | 5,6   |       |
|                          | Bördig (4)                 | -0,9      | 0,03    | 0,5   | -0,4  |
|                          | Bördig + näringsfattig (2) | -1,5      | 0,03    | 2,0   | 0,5   |
|                          | Näringsfattig (1)          | -1,6      |         | 1,9   |       |
|                          | Näringsfattig (4)          | -1,0      | 0,03    | 1,4   | 0,5   |

Baserat på ovan nämnda förhållanden och redovisade sammanställningar (tabell 3.1) bedömer vi att den *genomsnittliga* nettoklimatnyttan av återvättning – utsläpp i dikad fas minus utsläpp i återvätt fas - sannolikt ligger inom de intervall för våra

<sup>54</sup> I ett hundraårsperspektiv

<sup>55</sup> Skogsstyrelsen Rapp 2021/7

<sup>56</sup> Kasimir & Lindgren 2024

<sup>57</sup> Laine et al. 2024

<sup>58</sup> Carlsson & Jönsson 2023

använda bördighetsklasser som redovisas i tabell 3.2. Nettonyttan på längre sikt än ett hundraårsperspektiv blir högre då effekten av metanavgången från återvätt mark klingar av med tiden.

Av de refererade litteratursammanställningarna framgår att antalet emissionsstudier i Sverige är begränsat. Tillkommande forskningsresultat kan komma att ge underlag för justeringar av ovan nämnda bedömningar av genomsnittlig klimatnytta samt reducerad osäkerhet.

Tabell 3.2. [ton koldioxidekvivalenter per hektar och år] Skattning av cirkavärden för genomsnittliga växthusgasutsläpp från dikad respektive återvätt produktiv skogklädd torvmark samt nettoklimatnytta<sup>59</sup> av återvätning i ett hundraårsperspektiv för olika markvegetationstyper<sup>60</sup>, då återvätningen utförs enligt Skogsstyrelsens nuvarande arbetssätt med pluggning av diken och undvikande av hög andel vattenspegel. (Koldioxid och lustgas = *ökad* avgång till följd av torvnedbrytning, koldioxid inkluderar också ökad nettoavgång till atmosfären som sker via avrinnande vatten.)

| Klimatzon  |              | Emissioner<br>dikad fas |         |       | Emissioner<br>återvätt fas |       | Skattad nettominskning av emissioner vid återvätning |
|------------|--------------|-------------------------|---------|-------|----------------------------|-------|------------------------------------------------------|
|            |              | Koldioxid               | Lustgas | Metan | Torvtillväxt               | Metan |                                                      |
| Tempererad | Örttyp       | 10–16                   | 4       | 1     | -0,7                       | 6     | 10–16                                                |
|            | Grästyp      | 4,5–7,5                 | 2,5     | 0,3   | -0,8                       | 4     | 4–7                                                  |
|            | Blåbärstyp   | 2,5–4,5                 | 1       | 0,3   | -1                         | 3     | 2–4                                                  |
|            | Övr ristyper | 1,8–3,8                 | 0,2     | 0,3   | -1                         | 2     | 1–3                                                  |
| Boreal     | Örttyp       | 3–7                     | 2       | 0,2   | -1                         | 2,3   | 4–8                                                  |
|            | Grästyp      | 2,5–4,5                 | 1       | 0,2   | -1                         | 2,3   | 2–4                                                  |
|            | Blåbärstyp   | 1–3                     | 0,5     | 0,3   | -1                         | 2,0   | 1–3                                                  |
|            | Övr ristyper | -0,4–1                  | 0,1     | 0,3   | -1                         | 1,3   | 0–1                                                  |

Om skattningarna över nettonytta för klimatet av återvätning ovan multipliceras med arealerna för vegetationstyper enligt tabell 1.1 ligger *utsläppsökningen* från nuvarande dränering av produktiv skogsmark på torv på mellan 2,5 och 4,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år.<sup>61</sup> Av det står dränerade ört- och grästyper för runt 85 procent. I den svenska rapporteringen redovisas en betydligt större växthusgasavgång från dikad torvmark på skogsmark. Det beror främst på att naturlig metanavgång från våtmark inte rapporteras i dagsläget så inget 'avdrag' görs för denna.<sup>62</sup>

Genom att fokusera återvättningsverksamheten till bördigare torvmarker har Skogsstyrelsen under 2023 och 2024 legat på en skattad klimatnytta på runt 8 ton koldioxidekvivalenter per hektar och år.

<sup>59</sup> GWP100 tillämpas enligt riktlinjer från IPCC.

<sup>60</sup> Så som de används i SKS återvättningsverksamhet

<sup>61</sup> Detta är lägre än skogsmarkens bidrag i den nationella rapporteringen till IPCC, men där dras inte utsläppen från marken före dikning ifrån som här.

<sup>62</sup> <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NIR%20SE%20submission%202024.pdf>

Då man kan förutsätta att torvnedbrytningen i normalfallet skulle fortgått under lång tid framgent om marken hade fortsatt att vara dikad, och dikesrensats vid behov, kan den totala klimatnyttan av den insats som återvättningsavtalen medför förslagsvis räknas som den årliga utsläppsminskningen gånger femtio år.

I värdena är den framtida uteblivna substitutionsnyttan till följd av sänkt produktion inte beaktad. Den ligger *i genomsnitt* i storleksspannet 1–2 ton koldioxidekvivalenter per år och hektar, i den högre delen av spannet för bördigare marker och lägre för magrare. Substitutionsnyttan kan i praktiken bli lägre i framtiden om annan förnybar energiproduktion då konkurrerar i högre grad med bioenergin och/eller om byggnadsmaterial då återanvänds i högre grad.<sup>63</sup>

### 3.4 Forskning/utvecklingsbehov – återvätningens klimatnytta

- För att säkrare ringa in klimatnyttan av återvätning på olika marktyper behövs framförallt fler studier av växthusgasbudgeten på *dikad mark* med olika bördighet, markanvändningshistorik, dräneringsstatus och klimatförhållanden.
- Det behövs fler studier av metanavgången från dikad och återvätt mark, via luft ovan marken respektive träden samt via avrinnande vatten, för att ännu säkrare ringa in storleksordningar samt hur återvätningen bör genomföras i praktiken.
- Mycket tyder på att torvnedbrytningen fortgår i stadig takt så länge en god dräneringsgrad upprätthålls på dikad mark. Stämmer det? Tillgången på lättnedbrytbara kolföreningar borde minska över tid, men det kanske vägs upp av att torven blir mer finfördelad?
- Hur förhåller sig nedbrytningshastigheten till klimatet och därmed klimatförändringarna – årsnederbörd, förekomst av torra sommarperioder, med mera?
- Vi har noterat att dikad torvmark ibland innehåller ojämnt fördelade håligheter. Mer kunskap behövs om var i markprofilen torvnedbrytningen huvudsakligen sker.
- Vilken betydelse har det för torvnedbrytningen i markens ytskikt respektive hela torvskikt om man slutavverkar före återvätningen eller bibehåller ett skuggande trädskikt? Hur påverkar den högre grundvattennivån efter avverkning och uttorkningen i ytan som följer av solexponeringen på ett hygge?
- Vilken klimatnytta kan återvätning av gamla torvtäcker ge, beroende på hur man genomför återvätningen?
- De emissions- och torvnedbrytningsstudier som ligger till grund för sammanställningsvärdena i tabell 2.1 har i de flesta fall gjorts i relativ närhet till dikena, där dräneringseffekten är tydlig. I Skogsstyrelsens avtalsområden finns typiskt ett ytterområde, kanske 20–30 procent av hela ytan, där klimatnyttan av återvätningen i genomsnitt är lägre. Detta förhållande skulle behöva studeras närmare för att förbättra skattningen av klimatnyttan.

<sup>63</sup> Skogsstyrelsen Rapp 2021/7

## 4 Återvätningsens nytta för biologisk mångfald

### 4.1 Återvätningsens nytta för artbevarandet på längre sikt

Det finns generella nedåtgående trender för såväl groddjur som insekter i stora delar av världen till följd av människans påverkan, i hög grad till följd av jordbrukets utbredning, utdikning och urbanisering.<sup>64 65</sup> Framgent bedöms klimatförändringen innebära ett växande hot för mångfalden.<sup>66</sup>

Skogsstyrelsens återvätningsavtal leder med tiden till hydrologiskt restaurerade sumpskogar med olika näringsstatus. Vissa kommer att skötas för att nyttja virkesproduktionen. Andra lämnas för fri utveckling eller sköts för andra värden. I de senare fallen kan skogen lämnas helt eller delvis kvar på ytan. Valet kan bero på markägarens målsättning med området, vilka värden som finns och på hur certifieringsregler med mera påverkar fastigheten.

Mellan 1981 och 2005 genomfördes dels en stor våtmarksinventering, dels en sumpskogsinventering (1990–98) i Sverige för att kartlägga och öka kunskapen kring Sveriges våtmarker och sumpskogar.<sup>67 68</sup> Kartläggningarna fokuserade på vilka biotyper som finns, deras skydds- och restaureringsbehov och i viss mån förekommande växtarter.

Generellt finns få helt relevanta studier som kan ge en uppfattning om i vilken grad hydrologisk restaurering av sumpskogar, med olika grad av skötsel/fri utveckling, kan bidra till säkrad överlevnad för olika våtmarksberoende arter i Sverige.

En finsk studie jämförde öppna återvätta, öppna odikade och dikade skogklädda ytor. Vissa fjärilsarter var vanligare på odikad/återvätt mark, andra var vanligare i den dikade skogen och för många av fjärilsarterna fanns ingen skillnad.<sup>69</sup> I en kandidatstudie inventerades individer av 35 olika insektsarter på tre återvätta ytor i Halland och Småland samt i närliggande skog. Där hittades 71 procent fler arter på avverkade återvätta ytor än i skog. Sex av dessa var arter som specifikt föredrar våtmarker, övriga var generalister.<sup>70</sup>

Mycket tyder ändå på att återvätning har positiva effekter för biologisk mångfald och därför ges för närvarande all återvätning vikt i uppföljningen av de nationella miljömålen Levande skogar<sup>71</sup> och Myllrande våtmarker. Återvätning bedöms också bidra till en klimatanpassning av naturvården i Sverige då klimatförändringarna bedöms föra med sig ökad risk för mycket torra perioder sommartid, trots

<sup>64</sup> Luedtke et al. 2023

<sup>65</sup> Eggleton 2020

<sup>66</sup> Foden et al. 2013

<sup>67</sup> Gunnarsson & Löfroth 2009

<sup>68</sup> Rudqvist 1999

<sup>69</sup> Noreika et al. 2015

<sup>70</sup> Melin 2023

<sup>71</sup> Skogsstyrelsen Rapp 2022/12

ökad nederbörd generellt.<sup>72</sup> Framförallt bör restaurering av våtmarker i formellt skyddade eller frivilligt avsatta områden kunna bidra till att bevara hotade arter på sikt.

För att undvika skador på individer av känsliga arter vid själva pluggningsaktiviteten följs en utvecklad praxis som finns beskriven i Skogsstyrelsens handbok som används vid återvättningsplanering. Detsamma gäller livsmiljöer med höga naturvärden som kan vara känsliga för en förändrad hydrologi.

Dikespluggning kan potentiellt hindra fiskvandring och ska därför inte användas i diken som varit eller ersatt naturliga vattendrag av en viss storlek. Skogsstyrelsen begränsar ännu så länge sin återvättningsplanering till torvmarksområden med mindre avrinningsområden (< 80 hektar).

## **4.2 Forskningsbehov – återvätning och biologisk mångfald**

- I vilken grad återvätning kan bistå i uppfyllandet av art- och habitatdirektivet, vattendirektivet och den nya naturrestaureringsförordningen behöver analyseras.
- Det behövs mer forskning och uppföljning som kvantifierar nyttan av återskapande av sumpskogar för fågel- och insektsarter, fladdermöss och andra däggdjur, groddjur och våtmarksflora som har missgynnats av dikning.
- Även riskerna för befintliga djur och fåglar vid själva pluggningsoperationen kan behöva kartläggas bättre. Ökad kunskap kan leda till ännu bättre precision i val av skyddsåtgärder och tidpunkt för genomförande.

---

<sup>72</sup> Skogsstyrelsen Rapp 2019/23

## 5 Återvätningens inverkan på mygg och knott

### 5.1 Inverkan på mygg och knott av återvätning

Det bestämdes initialt att inga återvätningsavtal skulle tecknas om avtalsområdet låg inom 80 meter från en bostad eller sommarstuga, såvida inte innehavaren ansåg att det var okej. Baserat på synpunkter från en före detta myggforskare ändrades sedan kriteriet till att bara gälla om det inte redan fanns en odikad våtmark eller mosse inom 300 meter från huset.

Därefter har Statens veterinärmedicinska anstalt (SVA) genomfört en studie i vilken man jämfört förekomst av mygglarver, mygg och knott på och i närheten av två dikade, två återvätta och två odikade torvmarker.<sup>73</sup> Myggfångsten var i genomsnitt större vid de återvätta (cirka 1 700 respektive cirka 1 900 stycken) och de odikade områdena (cirka 500 respektive cirka 4 100 stycken) än vid de dikade områden (cirka 700 respektive cirka 400 stycken). Författarna menade att naturlig variation förklarade en del av skillnaderna, som inte heller bedömdes vara särskilt stora. Det uppmättes ingen gradient i myggförekomst från centrum i det återvätta området och 100, 200 eller 300 meter bort, där åtminstone provpunkterna vid 200 och 300 meter var utanför påverkansområdet för återvätningarna. Författarna diskuterar, också med stöd av annan litteratur och data, att en återvätning troligtvis gör liten skillnad i skogslandskapet där det ändå finns gott om fuktiga partier inom räckhåll nästan överallt.

Sammantaget bedömer vi att studien och diskussionen ger stöd för att vi behåller ovan nämnda kriterium för att undvika ökade problem med mygg för närboende. I de fall en husägare tillfrågas kan vi kommunicera att skillnaden inte blir dramatisk och att årsmånsvariationerna är betydligt större.

Antalet knott som kläcks är kopplat till rinnande vatten. Knotten kan sen ”vila” på fuktiga platser. Risken bedöms som liten för att återvätning märkbart ska öka knottförekomsten.<sup>74</sup>

### 5.2 Forskningsbehov – återvätning och mygg

- Det är önskvärt med mer omfattande studier av hur förekomsten av stickmyggor och knott påverkas av återvätning, där man både använder sig av före- och efterperioder och referensområden i några olika landskapstyper.

---

<sup>73</sup> Lindström et al. 2024.

<sup>74</sup> Muntl komm 2024-06-04 A Lindström, D Eklöf och T Lilja SVA.

## 6 Litteratur

- Berglund K. 1989. Ytsänkning på mosstorvjord. Sammanställning av material från Lidhult, Jönköpings län. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Avd f lantbrukets hydroteknik Avd medd 89:3. 17 s.
- Berglund Ö & Eklöf T. 2019. Övergivna torvjordar i mellansverige - Rapport till Naturvårdsverket. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Bring A, Envall I, Åberg C, och Scharin H. 2022. Hur påverkas grundvattenmagasiner av restaurering, anläggning och dränering av våtmarker? En systematisk översikt och samhällsekonomisk analys. Rapport: F3:2022. ISBN: 978-91-540-6165-5
- Carlsson C och Jönsson S. 2023. Långsiktig torvnedbrytning för olika vegetationstyper på dikad skogsmark. Examensarbete i skogshushållning. Skogsmästarskolan, Skinnskatteberg, SLU. Publi-cerat på <https://stud.epsilon.slu.se>
- Eggleton P. 2020 The State of the World's Insects. Annu. Rev. Environ. Resour. 2020. 45:61–82. [doi.org/10.1146/annurev-environ-012420-050035](https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012420-050035).
- Foden W B et al. 2013. Identifying the World's Most Climate Change Vulnerable Species: A Systematic Trait-Based Assessment of all Birds, Amphibians and Corals. PLOS ONE Vol 8, issue 6 (e65427).
- Forsgård M, Öhman J, Eveborn D & Sohlenius G. 2022. Effekter på omgivande grundvattennivå vid våtmarksåtgärder En studie baserad på hydraulisk modellering. SGU-rapport 2022:12.
- Grip H och Rodhe A. 1988 (2:a upplag). Vattnets väg från regn till bäck. Hallgren och Fallgren Studieförlag AB. ISBN 91 7382 635 9.
- Gunnarsson U och Löfroth M. 2009. Våtmarksinventeringen – resultat från 25 års inventeringar. Nationell slutrapport för våtmarksinventeringen (VMI) i Sverige. Naturvårdsverket Rapp 5925. ISSN 0282-7298.
- Hjerpe K, Eriksson H, Kanth M, Boström B, Berglund K, Berglund Ö, Lundblad M, Kasimir Å, Klemedtsson L, Eksvärd J, Lindgren A & Svensson E. 2014. Utsläpp av växthusgaser från torvmark. Jordbruksverket rapport 2014:24.
- Hånell B. 2009. Möjligheterna till höjning av skogsproduktionen i Sverige genom dikesrensning, dikning och gödsling av torvmarker. Faktaunderlag till MINT- utredningen, bilaga 4, Sveriges lantbruksuniversitet. I Fahlvik N, Johansson U, Nilsson U. 2009. Skogsskötsel för ökad tillväxt. Faktaunderlag till MINT-utredningen. SLU, Rapport. ISBN 978-91-86197-43-8.
- IPCC 2013. Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Hiraishi T, Krug T, Tanabe K, Srivastava N, Baasansuren J, Fukuda M & Troxler T G. (eds). Published: IPCC, Switzerland
- Jonsson A, Jonsson T & Toräng P. (årstal saknas) Utvärdering av Hornborgasjöns restaurering: måluppfyllelse och effekter på biologisk mångfald med fokus på vegetation och fågelfauna. Högskolan i Skövde, Institutionen för

- Biovetenskap. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1149110/FULLTEXT01.pdf>
- Karimi S. 2024. Peatland hydrology in boreal Sweden: Modelling, long-term data analysis, and experimental rewetting. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2024:28. Faculty of Forest Sciences, SLU. ISBN (electronic version) 978-91-8046-321-8.
- Kasimir Å och Lindgren A. 2024. Torvmarker, klimat och återvätning – Att minska utsläpp och främja koldioxidinlagring. WWW.GU.SE/FOR-SKNING/ATERVATNING ISBN 978-91-89823-59-4.
- Klemedtsson et al. 2005. Soil C/N ratio as a scalar parameter to predict nitrous oxide emissions. *Global Change Biol.* 11, 1142–1147 (2005). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00973.x>
- Klarqvist M. 2001. Peat growth and carbon accumulation rates during the Holocene in Boreal mires. PhD thesis, Swedish Univ of Agric Sci, Umeå.
- Komulainen V-M, Nykänen H, Martikainen P J & Laine J. 1998. Short-term effect of restoration on vegetation change and methane emissions from peatlands drained for forestry in southern Finland. *Canadian Journal of Forest Research* 28: 402-411.
- Laine A M, Ojanen P, Lindroos T & Koponen K. 2024. Climate change mitigation potential of restoration of boreal peatlands drained for forestry can be adjusted by site selection and restoration measures. *Restoration Ecology*. doi: 10.1111/rec.14213
- Lindgren A & Lundblad M. 2014. Towards new reporting of drained organic soils under the UNFCCC – assessment of emission factors and areas in Sweden. Inst f Mark och miljö, SLU/Naturvårdsverket. Rapport 2014:14.
- Lindström A, Eklöf D och Lilja T. 2024. Myggor och återvätning av näringsrik torvmark. SVA Rapport 97/2024.
- Luedtke J A, Chanson J, Neam K. et al. 2023. Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats. *Nature* 622, 308–314 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06578-4>
- Melin J. 2023. Vilka naturvärden går att finna i nyligen återställda våtmarker i skogslandskap baserat på förekomsten av insekter? Kandidatuppsats i biologi 2023-08-25. Högskolan i Halmstad
- Meyer A, Tarvainen L, Noursatpour A, Björk R G, Ernfors M, Grelle A, Kasimir Klemedtsson Å, Lindroth A, Rantfors M, Rütting T, Wallin G, Weslien P & Klemedtsson L. 2013. A fertile peatland forest does not constitute a major green-house gas sink. *Biogeosciences* 10: 7739–7758.
- Noreika N, Kotiaho J S, Penttinen J, Punttila P, Vuori A, Pajunen T, Autio O, Loukola O J & Kotze D J. 2015. Rapid recovery of invertebrate communities after ecological restoration of bore-al mires. *Restoration Ecology*, 23, 566–579.
- Pärn, J. et al. 2018. Nitrogen-rich organic soils under warm well-drained conditions are global nitrous oxide emission hotspots. *Nat. Commun.* 9, 1135 (2018).

- Quin A & Destouni G. 2017. Large-scale comparison of flow-variability dampening by lakes and wetlands in the landscape. *Land Degrad Dev.* 2018;1–11. DOI: 10.1002/ldr.3101
- Rudqvist L. 1999. Sveriges sumpskogar - Resultat av sumpskogsinventeringen 1990–1998. Jönköping: Skogsstyrelsen Meddelande 1999:3.
- SOU 2020:4. Vägen till en klimatpositiv framtid. Betänkande av klimatpolitiska vägvalsutredningen.
- Schützer S, Elenius M, Isberg K & Temnerud J. 2023. Nedströmseffekter från återvätning av dikad skog på torv. SMHI Hydrologi nr 130, 2023.
- Skogsstyrelsen Rapport 2019/23. Klimatanpassning av skogen och skogsbruket – mål och förslag på åtgärder
- Skogsstyrelsen Rapport. 2021/7. Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dikesunderhåll och återvätning. Kunskapssammanställning och analys.
- Skogsstyrelsen Rapport 2022/12. Fördjupad utvärdering av Levande skogar 2023.
- Skogsstyrelsen Rapport 2025/1. Att genomföra åtgärder för att återvåta utdikade våtmarker, resultat 2024.
- Thorsbrink M, Sohlenius G, Becher M, Bastviken P, Nolin Nyström L & Eveborn D. 2019. Geologins betydelse vid våtmarksåtgärder – Sätt att stärka tillgången på grundvatten. SGU-rapport 2019:15.
- Turunen J. 2003. Past and present carbon accumulation in undisturbed boreal and subarctic mires: a review. *Suo* 54, 15–28.
- Wilson et al. 2016. Greenhouse gas emission factors associated with rewetting of organic soils. *Mires and Peat* 17(4): 1-28. DOI: 10.19189/MaP.2016.OMB.222
- Zannella A. 2024. Linking land-use management and aquatic carbon Effects of forestry and peatland rewetting. Doctoral Thesis No. 2024:86. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, SLU.