



Långsiktig torvnedbrytning för olika vegetationstyper på dikad skogsmark

Long-term peat degradation for different vegetation types on drained forest land

CARL CARLSSON

SOFIE JÖNSSON



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2023:24

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Långsiktig torvnedbrytning för olika vegetationstyper på dikad skogsmark

Long-term peat degradation for different vegetation types on drained forest land

Carl Carlsson

Sofie Jönsson

Handledare: Johan Törnblom, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Staffan Stenhag, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan

Kurskod: SLU-50058

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2023

Omslagsbild: Gran med synliga rötter på torvmark. Foto: Sofie Jönsson

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2023:24

Nyckelord: växthusgaser, torvmark, dikning



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Skogsklädda torvmarker i Sverige dikades i stor utsträckning mellan 1930- och 1980-talen i syfte att höja virkesproduktionen. Till följd av klimatproblemet har intresset för dikade torvmarkers bidrag till växthusgasutsläppen ökat under de senaste decennierna. Dikning medför att en långsam torvtillväxt ofta vänds till en torvnedbrytning, vilket därmed ger en nettoavgång av koldioxid och ibland även av lustgas till atmosfären.

Syftet med studien var att bidra till att utveckla en ny metod för att mäta den årliga marksänkningen på dikad torvmark samt att, med denna metod, skatta torvens nedbrytningshastighet på dikade torvmarker med olika näringsinnehåll i södra och mellersta Sverige. Marksänkningen skattades via mätning av höjdskillnaden mellan läget för trädens gropunkt (där fröet en gång började gro i marken) och markplanet. Studien bygger på antagandet att gropunktens läge ligger mycket nära nivån för den översta rotens märg och att träden i sig inte sjunkit nämnvärt trots att marken mellan träden gjort det. För att minska den lokala naturliga variationen mättes denna höjdskillnad för tre träd per plats (mätserie). Under två fältveckor juni 2023 samlades 34 mätserier in på torvmarker med olika vegetationstyper, 17 på latitud 57 och 17 på latitud 59.

Studien visade på en tydlig gradient med högre marksänkingshastighet på mer näringsrik torv (örttyp 0,51 cm/år) mot lägre värden via grästyp (0,28 cm/år) och blåbärstyp (0,16 – 0,18 cm/år) och med de allra lägsta värdena på fattigristyp (0,08 cm/år).

Det fanns även en tendens, om än icke signifikant, till högre densitet för den mer näringsrika torven. Detta skulle i så fall förstärka skillnaden i årlig kolförlust mellan mer och mindre näringsrik torv, det vill säga att en centimeter har större effekt på mängden koldioxid som släpps ut i de näringsrika torvmarkerna.

Efter multiplikation med den medeldensitet som skattades via jordprovtagning på respektive ståndortstyps provlokaler skattades en årlig nettoavgång av koldioxid på 12 ton för örttyp, 3,4 – 5,2 ton för grästyp, 2,6 – 3,1 ton för blåbärstyp och ca 1 ton per hektar och år för fattigristyp.

Resultatet stödjer tidigare rön att nedbrytningshastigheten och därmed mängden koldioxid som släpps ut ökar med markens bördighet. Förhoppningen är att resultaten ska kunna bidra till att ge en mer högupplöst bild av hur emissionerna skiljer mellan olika näringsrika vegetationstyper i södra Sverige.

Nyckelord: växthusgaser, torvmark, dikning

Abstract

Forested peatlands in Sweden were extensively drained between the 1930s and 1980s to increase timber production. As a result of the climate problem, an interest in the contribution of drained peatlands to greenhouse gas emissions has increased in recent decades. Drainage means that a long, slow growth of peat is often reversed to peat decomposition, resulting in a net release of carbon dioxide and sometimes also nitrous oxide to the atmosphere.

The aim of the study was to contribute to the development of a new method for measuring the annual soil subsidence on drained peatlands and, using this method, to estimate the rate of peat decomposition on drained peatlands with different nutrient contents in southern and central Sweden. The land subsidence was estimated by measuring the height difference between the position of the tree's germination point (where the seed once started to germinate in the soil) and the ground plane. The study is based on the assumption that the position of the germination point is located very close to the level of the top root's pith and that the trees themselves have not dropped significantly even though the ground between the trees has done so. To reduce local natural variation, this height difference was measured for three trees per site (measurement series). During two field weeks in June 2023, 34 measurement series were collected on peatlands with different vegetation types, 17 at latitude 57 and 17 at latitude 59.

The study showed a clear gradient with a higher subsidence rate on more nutrient-rich peat (herb type 0.51 cm/year) towards lower values via grass type (0.28 cm/year) and blueberry type (0.16 – 0.18 cm/year) and with the very lowest values on nutrient-poor land type (0.08 cm/year).

There was also a tendency, although not significant, towards higher density for the more nutritious peat type. This would reinforce the difference in annual carbon loss between more and less nutrient-rich peat, i.e., one centimeter has a greater effect on the amount of carbon dioxide released in the nutrient-rich peatlands.

After multiplication with the mean density estimated by soil sampling at the sample sites of each site type, an annual net loss of carbon dioxide was estimated at 12 tons for the herb type, 3.4 – 5.2 tons for the grass type, 2.6 – 3.1 tons for the blueberry type and about 1 ton per hectare and year for the nutrient-poor type.

The results support previous findings that the rate of decomposition and thus the amount of carbon dioxide released increases with soil fertility. It is hoped that the results will help to provide a more high-resolution picture of how emissions differ between different nutrient-rich vegetation types in southern Sweden.

Key words: greenhouse gases, peatland, drainage

Förord

Det här är ett examensarbete som har skrivits av två studenter vid Skogsmästarskolan i Skinnskatteberg sommaren 2023.

Torvmarker och dess hantering är idag är en högst aktuell debatt vilket vi fann intressant att fördjupa oss i. Inriktningen på arbetet och metodidén utvecklades av vår externa handledare Hillevi Eriksson vid Skogsstyrelsen som vi vill tacka, för vägledning och stöttning genom hela arbetets gång. Vi vill även tacka vår handledare vid Skogsmästarskolan, Johan Törnblom för råd och hjälp. Ett tack går även ut till vår lärare Daniel Gräns som bistod med hjälp i laboratoriet, Claudia von Brömssen som hjälpte oss med statistiska utmaningar samt Staffan Stenhag som hjälpte oss att slutligen knyta ihop säcken. För ekonomiskt stöd till vårt fältarbete går ett tack även ut till Kopparfors AB och Skogsstyrelsen.

Skinnskatteberg 2023.

Carl Carlsson & Sofie Jönsson

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 PROBLEMBESKRIVNING OCH FRÅGESTÄLLNING	3
1.3 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING	4
2. MATERIAL OCH METODER	5
2.1 LOKALER FÖR MÄTNING	5
2.2 METOD FÖR SKATTNING AV ÅRLIG MARKSÄNKNING OCH KOLFÖRLUST	5
3. RESULTAT	10
4. DISKUSSION	12
4.1 SLUTSATSER	13
REFERENSER	15
BILAGOR	18
ORDLISTA	20

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Torvmark är naturligt syrefattiga miljöer där nedbrytningen av växtdelar går långsamt och på så vis lagras ofullständigt nedbrutet organiskt material sakta upp. Det ger ett lager av kol som binds för lång tid framåt (Bashiry et al. 2023). Vissa torvmarker kan bestå av oförmultnade växtdelar som är flera tusen år gamla (von Stedingk 2009).

Historiskt har blöta marker ofta avvattnats, för att skapa en bättre växtmiljö och för att vara lättare att köra på med tunga maskiner. Skogsbeväxt torvmark i Sverige har dikats i hög omfattning för att åstadkomma marker med högre produktionsförmåga. Vid en produktionsmässigt lyckad dikning höjdes produktionen med 2 – 3,5 kubikmeter per år och hektar (Hånell 2009). Många dikningar har emellertid inte givit någon produktionsökning alls (Skogsstyrelsen 2021). Dikning utfördes i störst skala från 1930-talet fram till och med 1980-talet (Eliasson 2008). Därefter har en stor del av dikena underhållits med dikesrensning för att bevara effekten, då de med tiden annars växer igen. Så kallad nydikning är numera tillståndspliktigt i norra Sverige medan det i princip är förbjudet i södra Sverige. Dock kan tillstånd erhållas från länsstyrelsen i särskilda fall (Skogskunskap 2023).

Under senare decennier har kunskapen vuxit om dikningens påverkan på klimatet då man insett att nedbrytningen av torven som sker när marken avvattnas ofta medför en hög nettoavgång av växthusgaser till atmosfären. Sammantaget innehåller torvmarker ett mycket stort kollager och det vore förödande för klimatet om en stor del av detta frigjordes till atmosfären (International Peat Society 2008; Jordbruksverket 2014; Skogsstyrelsen 2021).

Torvtillväxt är dessutom en process som, om än långsamt, i stor skala tar bort kol från atmosfären. Den utgör en naturlig så kallad kolsänka. Normalt är torvackumuleringen några tiondels millimeter per år (von Stedingk 2009).

Under våta förhållanden kommer en mindre del av nedbrytningen att generera metan (CH_4) som inte hinner förbrukas av metanoxiderande bakterier på sin väg upp genom marken. Metan är en starkare växthusgas än koldioxid (CO_2) men den har kortare uppehållstid i atmosfären (ca tio år). Det innebär att när torven nått en viss tjocklek är den klimatkylande effekten av kolbindningen större än den klimatvärmade effekten av den pågående metanproduktionen (Skogsstyrelsen 2021).

När en torvmark dikas sänks grundvattennivån och syre tillförs. Det leder till att nedbrytningshastigheten ökar avsevärt och bundet kol frigörs som koldioxid till atmosfären. Samtidigt avgår ofta växthusgasen dikväveoxid (lustgas, N_2O), mer ju högre torvens kväveinnehåll är (Kasimir Klemendsson 2013, Naturvårdsverket 2016). Därigenom övergår ofta torvmarken från att vara en kolsänka till en

kolkälla. Lustgasen förekommer i små mängder men är ca 310 ggr starkare än koldioxid per viktsenhet över en 100-årig period (Naturvårdsverket 2023).

Samtidigt som återvätta torvmarker tar bort nettoavgivningen av koldioxid och lustgas, återskapas avgången av metan. Metanavgången beror främst på tillgången på färskt kol, läget på grundvattenytan under sommarhalvåret och näringstillången i torven (Naturvårdsverket 2016). Därför spelar det stor roll hur återvätning görs. Skogsstyrelsen har dragit slutsatsen att man ska undvika återvätning som ger en stor arealandel vattenspegel eftersom det minskar avgången av metan (Drott & Eriksson 2021).

Sammanställningar har visat att återvätta marker genererar metan i liknande omfattning som odikade marker (Wilson et al. 2016). Fortfarande finns en osäkerhet och debatt kring återvätningsfrågan – huruvida torvmarker gör mest klimatnytta om de återväts eller bibehålls i dikat skick, inräknat att man då bibehåller den högre tillväxt som dikningen genererat. Drott & Eriksson (2021) har försökt analysera den sammantagna bilden av dessa faktorer. Man kommer inte fram till en skarp gräns för när återvätning är mest rätt ur klimatsynvinkel, men man drar slutsatsen att om klimatnyttan får styra bör bördiga torvmarker i södra Sverige normalt återvätas. Man påpekar ändå att det vetenskapliga underlaget är tunt, framförallt när det gäller södra Sverige. Norra Sverige kan i hög grad liknas vid finska förhållanden för vilka det finns betydligt fler undersökningar, men även där saknas data för de bördigaste markerna.

Tidigare analyser drar slutsatsen att bördiga marker generellt avger påtagligt högre emissioner av koldioxid än magra, exempelvis Drott & Eriksson (2021) samt de Jong et al. (2015). Dock verkar skillnaderna mellan olika vegetationstyper vara mindre på mer väl-dränerade torvmarker. Hydrologin och temperatur är två viktiga faktorer som påverkar nedbrytningen av torv. Ökad temperatur och minskad grundvattennivå leder till ökade utsläpp av koldioxid, medan en ökad grundvattennivå, exempelvis vid igenväxning eller aktiv återvätning, återskapar högre utsläpp av metan (Larsson & Carlstedt 2020).

Enligt IPCC (2013) och Wilson et al. (2016) har dikad skogsmark i tempererad zon i genomsnitt en nettoavgång på ca 9,5 ton koldioxid per hektar och år från marken till följd av nedbrytning, inklusive både näringsrik och -fattig mark. Detta kan jämföras med nettoavgången i den boreala zonen som bedöms ha ett medelvärde på ca 3,4 ton koldioxid per hektar och år på näringsrik mark och på näringsfattig mark ca 0,9 ton koldioxid per hektar och år (IPCC 2013; Wilson et al. 2016).

Nettoutsläppen från påverkade torvmarker i Sverige, dvs dikade skogs- och jordbruksmarker samt torvtäcker, skattas för 2021 till ca 11 miljoner ton årligen, vilket kan jämföras med utsläppen från personbilstrafiken på 14 miljoner ton samma år (Naturvårdsverket NIR 2023; personlig kommunikation, Forskare Mattias Lundblad, SLU, 2023-09-21).

Skogsstyrelsen har ett pågående regeringsuppdrag att återvätta torvmarker främst för klimatnyttans skull. Den framtida markanvändningen av torvmarker kan bidra

till att uppfylla flera av miljömålen, exempelvis *Myllrande våtmarker*, *Levande skogar*, *Begränsad klimatpåverkan* m.fl. (Naturvårdsverket 2016).

Den rådande bedömningen är att nettoemissionerna är relativt sett högre från dikad bördig torvmark i södra Sverige och lägre från magrare torvmark i norr. Det understryks dock att skattningarna fortfarande är kvantitativt osäkra på många marker. Nogranna gasmätningar har utförts på förhållandevis få dikade torvmarker i södra Fennoskandia och även bördiga sådana i norr (Drott & Eriksson 2021).

1.2 Problembeskrivning och frågeställning

Då det vetenskapliga underlaget för att närmare skatta storleken på torvnedbrytningen och därmed koldioxidavgången på olika typer av torvmark i södra halvan av Sverige således är bristfällig finns ett behov av att minska denna osäkerhet.

Historiskt har man observerat att markytan sjunker efter dikning, vilket syns tydligt på de blottade rötterna som vanligtvis är under jorden. Första åren gick det fortare då torven kompakterades när vattnet sjönk undan. Därefter har nedbrytningen visat sig fortgå i relativ stadig takt så länge det finns torv kvar. I morotsodling på dikad torvmark uppmättes exempelvis en sänkning av markytan på 1 – 2 cm per år (Berglund 2008).

Idén med detta arbete var följande: Genom att, på dikade torvmarker, i efterhand mäta hur mycket marken sjunkit i relation till hur hög marknivån var när träden grodde eller planterades, och sedan relatera denna sänkning till antal år den haft på sig att ske, kan en skattning av den årliga torvförlusten fås för den aktuella torvmarkstypen. En markprovtagning ger en skattning av torvens densitet för respektive marktyp och ett underlag för omräkning till avgång av koldioxid.

Marksänkningen bedömdes kunna skattas via mätning av höjdskillnaden mellan gropunktens läge och markplanet. Tiden som höjdskillnaden haft på sig att uppstå bedömdes kunna skattas via året då träden grodde ålder alternativt året då dikningen utfördes, beroende på vilket som kom sist i tiden. Den här studien har därför potential att reducera osäkerheten i torvens nedbrytningshastighet på några olika marker. Därigenom kan skattningen av vilka utsläpp av koldioxid som dikningen medför i södra Sverige (Götaland och Svealand) förbättras.

1.3 Syfte och frågeställning

Syftet med arbetet är att bidra till att utveckla en ny metod för att mäta den årliga marksänkningen på dikad torvmark samt att, med denna metod, skatta torvens nedbrytningshastighet på dikade torvmarker med olika näringsinnehåll i södra och mellersta Sverige.

En enkel provtagning av torven ska göras för att få ett relativt mått på torvens densitet på de olika lokalerna.

De frågor som ska besvaras i arbetet är följande:

- 1) Skiljer sig torvens nedbrytningshastighet efter dikning mellan torvmark med olika vegetationstyper?
- 2) Skiljer sig torvens nedbrytningshastighet mellan två olika latituder (57° och 59°) på samma vegetationstyp?

2. Material och metoder

2.1 Lokaler för mätning

Inför fältbesöken söktes ett flertal områden med dikad torvmark ut på kartan, dels nära femtiosjunde breddgraden i Hallands län och västra Kronobergs län, dels nära femtionionde breddgraden i ett område som sträcker sig från västra Västmanlands län via Örebro län till Värmlands län.

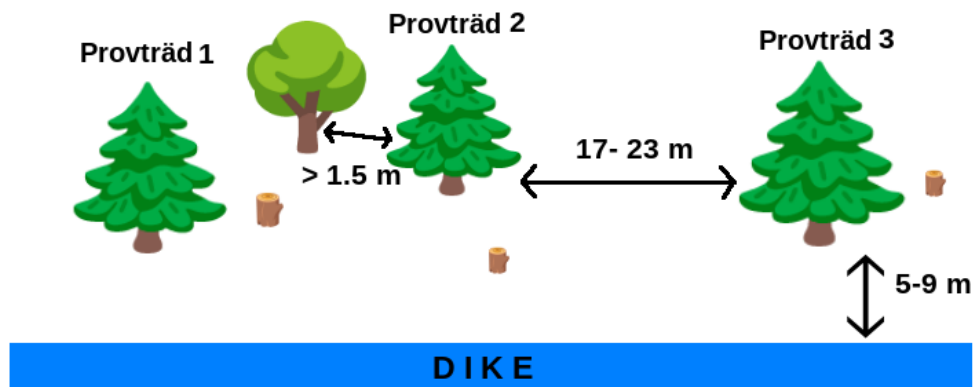
Områdena hittades med hjälp av SLU:s torvmarkskarta från hösten 2022 i kombination med SLU:s dikesinventering och en laserbaserad terrängkarta som visar de flesta förekommande dikena. De utpekade dikena skulle dessutom ha måttligt stora tillrinningsområden (<50 ha), därmed ingick inte rätade bäckar.

Områdena valdes utan närmare kännedom om vilka markvegetationstyper som fanns där eller om dikningen fortfarande var funktionell. Vissa områden visade sig ej användbara till följd av dålig dikesfunktion, för lite torv eller fel ålder på skogen.

Ambitionen var att samla så många mätserier som tiden medgav från minst tre olika vegetationstyper per "latitud". När sex mätserier nåtts ansågs klassen vara "full" och fokus lades på att om möjligt fylla upp övriga typer under tiden som återstod. När fältarbetet var klart fanns sju mätserier av blåbärstyp, sex av grästyp och fyra av örttyp på latitud 57 och vidare fem av fattigristyp, sju av blåbärstyp och fem av grästyp på latitud 59 (Bilaga 1). Utifrån vikterna togs ett medelvärde fram för respektive vegetationstyp/ latitud-grupp.

2.2 Metod för skattning av årlig marksänkning och kolförlust

Utifrån de givna kartmaterialen med möjliga objekt för studien valdes i förväg några möjliga startpunkter ut för en mätserie. Om den första startpunkten inte gav en mätserie som uppfyllde kraven provades nästa. En punktserie bestod av tre mätpunkter. På respektive punkt gjordes mätningar på ett provträd och vid marken ett par meter bredvid.

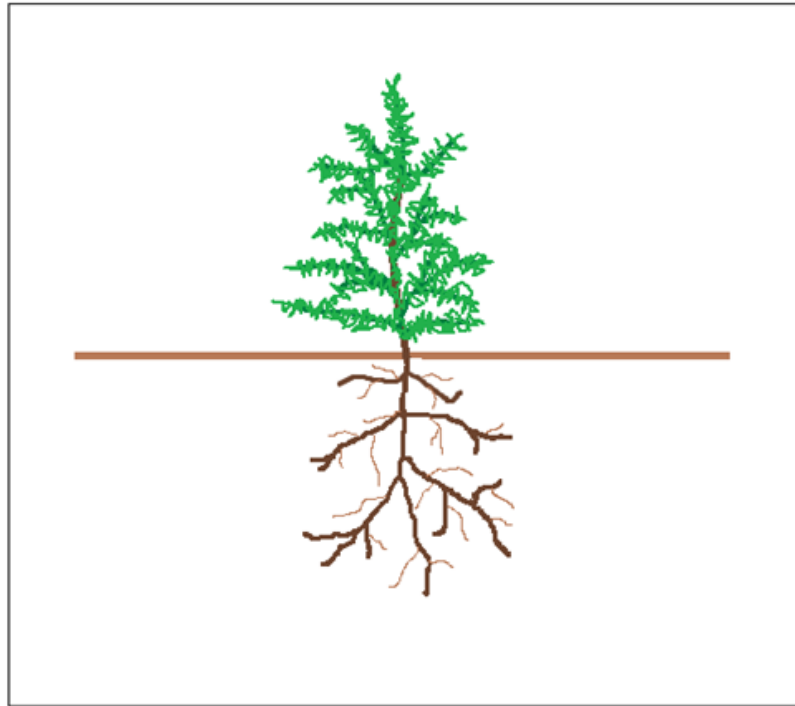


Figur 1. Utformning av en mätserie med krav på min- och maxavstånd; 5 – 9 meter mellan diket och provträden, 17 – 23 meter mellan provträden, även mellan provträd 1 och 2.

På mätseriens tre punkter mättes höjdskillnaden mellan gropunktens läge och markplanet, trädåldern bestämdes och tre jordsönsprover togs. Studien bygger på antagandet att gropunktens läge (där fröet en gång började gro i marken) i höjddled ligger mycket nära nivån för den översta rotens mærg. Mærgen motsvarar den lilla roten som en gång gick ut från stammen nära där fröet en gång grodde (Figur 2). Studien bygger också på antagandet att träden, tack vare rötternas spänst och styrka, inte sjunkit även om torv brutits ned i marken.

Vid den första mätpunkten kontrollerades att platsen och träden i mätseriesträckan uppfyllde samtliga krav. Om inte, gick man vidare till nästa möjliga startpunkt. Syftet här var att undvika subjektivitet vid val av mätserieplats. Förutsättningarna för att mätserieplatsen skulle accepteras var att den låg på torvmark, att trädåldern var över 25 år, att hela mätseriesträckan hade samma vegetationstyp och att diket uppvisade en tillfredställande avvattande funktion.

Om olika vegetationstyper hittades i ett och samma torvmarksobjekt kunde en mätserie per vegetationstyp användas. Det prickades in ett antal möjliga startpunkter i de besökta objekten. Dessa förkastades bara om något av grundkriterierna inte uppfylldes eller om en mätserie med samma markvegetationsklass redan var tagen på området.



Figur 2. Planta som planterats eller grott i markplanet. Översta roten utgår från en punkt nära fröets position och därmed det ursprungliga markplanet i normalfallet.

Vid första provytan bestämdes först läget för trädets gropunkt genom att borra i översta roten (Figur 3). Höjdskillnaden mellan trädets gropunkt och markplanet (under vegetationens ovanjordsdelar) mättes två meter från trädet parallellt med diket med hjälp av ett snöre fastbundet i ett vattenpass och en linjal (Figur 4).



Figur 3. Borring i översta roten för att hitta mörgen.



Figur 4. Mätning av marksänkningen med hjälp av vattenpass och linjal (borrhålet på översta roten och ner till markplanet. Från denna höjd drogs avståndet mellan borrhålet och rotens märke).

Om översta roten fanns gömd nere i marken så att man hade behövt spade för att frilägga den innan borring sattes höjdskillnaden till noll. Ett negativt värde kunde därmed inte mätas.

Några tidiga testborringar visade att märken låg lågt i översta roten. Det innebär att dessa rötter framför allt har vuxit på höjden, antagligen för att stabilisera det allt högre trädet. Förhoppningen som fanns att märkhöjden skulle variera så pass lite i relation till rotens undersida så att vi inte skulle behöva borra alla rötter infriades dock inte. Variationen i märkhöjden från rotens undersida var för stor (0,5 till 6 cm). Rotens undersida var inte alltid heller så lätt att lokalisera.

Nästa punkt för mätning placerades så nära 20 meter som möjligt ifrån tidigare punkt parallellt med diket. Sedan upprepades samma mätningar som vid första provträdet samt jordsönsprovet. Detsamma gällde även för den tredje och sista punkten.

En åldersbestämning på trädet gjordes genom att borra med en tillväxtborr i trädets brösthöjd. Efter att brösthöjdsåldern bestämts, lades ett antal år till enligt tabell ur *Bonitering av skogsmark* (Hägglund & Lundmark 2021) för att få den totala trädåldern.

Dikningsåret återfanns antingen i anteckningar i skogsbruksplaner eller ringades in med hjälp av historiska kartor (Lantmäteriverkets eller Skogsstyrelsens).

För att bestämma den medelhastighet med vilken marksänkningen skett på respektive mätpunkt delades höjdskillnaden med det antal år som träden stått på dikad mark, d.v.s. trädets ålder (vanligast) eller antal år sedan diket grävdes ifall dikningen gjordes efter att trädet började växa (i 12 fall av 102). Det gav en skattning av marksänkningen mätt i centimeter per år.

För varje mätserie beräknades sedan ett medelvärde av den årliga marksänkningen per mätserie. Att tre ”höjdskillnader” mättes per mätserie gjordes i avsikt att minska den naturliga variationen. Mätserierna utgjorde de egentliga upprepningarna. Med hjälp av dessa värden kunde ett medelvärde per vegetationstyp räknas fram och för varje medelvärde beräknades ett konfidensintervall som visade i vilka fall de skilde sig åt signifikant, se Bilaga 2. Här användes signifikansnivån ($p < 0,05$), normalfördelning ej antagen.

Observera att metoden skulle kunna ge missvisande resultat för platser som blivit höglagda eller platser där självföryngring skett innan dikningen gjordes och plantöverlevnaden på högre punkter kan ha varit högre (se diskussionen om risken för dessa felkällor i denna studie).

För att få en uppfattning om variationen i torvens densitet togs tre prover per punkt. Proverna togs genom att sticka ner jordsonden tre decimeter, svänga runt sonden och sedan dra upp torven och lägga den i en påse per mätserie som alltså innehöll prov från 3×3 stick (diameter = 12 mm). Den sammantagna volymen blev då 0,31 liter. Proverna placerades vid avslutad fältdag i en frys i väntan på torkning.

Vid en mätserie på gräs på latitud 59 uppnåddes inte torvdjupet 30 cm. Här togs i stället torv till 20 cm djup (0,2 liter) som vid uträkningarna sedan multiplicerades med 1,5 för att få värdet för 30 cm torvdjup. Detta för att på så sätt kunna jämföras med de övriga torvproverna.

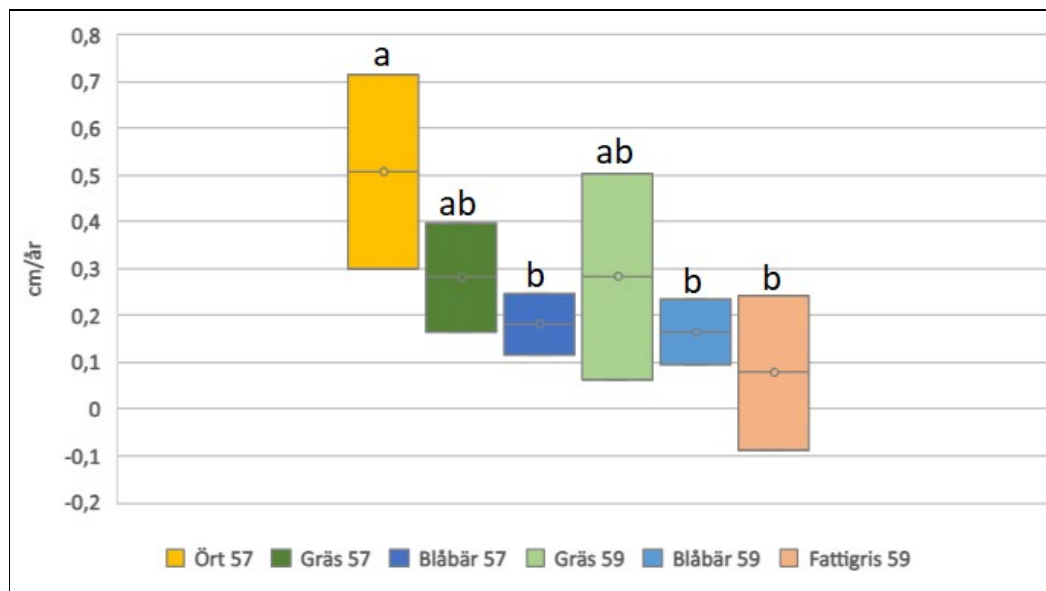
Torven togs ut ur torken efter ett dygn och vägdes direkt efter uttagning på en våg vid en rumstemperatur på 22,2 °C och en relativ luftfuktighet på 23 procent. Utifrån vikterna togs ett medelvärde fram för respektive vegetationstyp/ latitud-grupp (Tabell 1).

Torvens torrdensitet skattades genom att torrvikten delades med provvolymen. Kolinnehållet skattades utgöra 50 procent av torrvikten. För att räkna om detta från kol till ton koldioxid multiplicerades denna siffra med 44/12. Därigenom kunde ”marksänkningen” räknas om till ton avgiven koldioxid (netto över tid) per år och hektar (Bilaga 3).

3. Resultat

Då metoden var ny var det svårt att veta hur många lämpliga lokaler som skulle finnas vara lämpliga och kunna provtas på den avsatta fältarbetstiden (två personer i två veckor). Utfallet blev att både på latitud 57 och på latitud 59 samlades 17 mätserier in, alltså totalt 34 stycken. På latitud 57 hittades inga lämpliga ytor med vegetationsklassen "fattigris" och på latitud 59 hittades inga ytor med vegetationsklassen "örttyp" under den avsatta tiden (Bilaga 1).

Vegetationstyperna som undersöktes på båda latituderna, d.v.s. blåbär och gräs, uppvisade mycket lika årliga marksänkningar. Grästyp på latitud 59 och 57 hade samma medelvärde på 0,28 cm/år och för blåbärstyp var medelvärdet 0,16 cm/år på latitud 59 och 0,18 cm/år på latitud 57. Fattigris provtogs endast på latitud 59 och hade ett medelvärde på 0,08 cm/år. Ört provtogs endast på latitud 57 och hade medelvärdet 0,51 cm/år (Figur 5).



Figur 5. Medelvärdet (cm/år) samt konfidensintervall för nedbrytningshastigheten för respektive latitud och vegetationstyp 57 ört, blåbär och gräs respektive 59 gräs, blåbär och fattigris. Helt olika bokstäver betyder att medelvärdena skiljer sig signifikant ($p < 0,05$).

Resultaten uppvisade en tydlig gradient i årlig marksänkning från större på mer näringsrik torv till mindre på magrare torv. Skillnaden var signifikant mellan ört på latitud 57 å ena sidan och blåbär på båda latituderna och fattigris på latitud 59 å den andra (Figur 5).

Vikterna av de torkade torvproverna uppvisade en viss tendens till ökad densitet med ökad bördighet (ej signifikant $p < 0,05$). För blåbärstyp vägde torven relativt lika på de båda latituderna, 27 g i latitud 59 och 28 g i latitud 57. För gräs skilde den sig mer, då den vägde 20 g på latitud 59 och 31 g på latitud 57 (Tabell 1).

Tabell 1. Medelvärden för vikten av torvproverna efter torkning (g) i blått och grönt fält, vilket ger en relativ jämförelse mellan torvens densitet. Inga medelvärden skilde sig emellertid signifikant från varandra ($p < 0,05$). Provens volym var 0,31 liter.

Vegetationstyp	Latitud 57	Latitud 59
Ört	39	-
Gräs	31	20
Blåbär	28	27
Fattigris	-	21

Att döma av tendensen till gradient i torvens densitet kan en centimeter betyda mer i kolmängd på näringsrik mark än på mager och eventuellt även mer i söder än i norr.

Då den årliga marksänkningen multiplicerats med torvdensiteten förstärks således trenden att de mer näringsrika dikade torvmarkerna släpper ut mer koldioxid per år och hektar än de magrare (Tabell 2). Man kan alltså då också se en tendens till skillnad mellan latituderna - att det möjligen släpps ut mer koldioxid på vegetationstyperna blåbär och gräs på latitud 57 än på latitud 59, trots att marksänkingshastigheterna var så lika.

Tabell 2. Skattad årlig torvförlust [ton CO₂/ha/år] i blått och grönt fält för respektive latitud och vegetationstyp: lat 57 ört, blåbär och gräs respektive lat 59 gräs, blåbär och fattigris.

	Latitud 57			Latitud 59		
	Ört	Gräs	Blåbär	Gräs	Blåbär	Fattigris
Årlig torvförlust	12	5,2	3,1	3,4	2,6	1,0

4. Diskussion

Studien visade på en tydlig gradient från högre marksänkingshastighet på mer näringsrik torv (örttyp 0,51 cm/år) mot lägre via grästyp (0,28 cm/år) och blåbärstyp (0,16 – 0,18 cm/år) mot lägst på fattigristyp (0,08 cm/år), med signifikanta skillnader mellan örttyp och de två minst näringsrika typerna.

Det fanns en tendens, om än icke signifikant, till högre densitet för den mer näringsrika torven, vilket i så fall förstärker skillnaden i årlig kolförlust mellan mer och mindre näringsrik torv, det vill säga att en centimeter har större effekt på mängden koldioxid som släpps ut i de näringsrika torvmarkerna. Det fanns även en mycket svag tendens till högre torvdensitet på lägre latituder än på högre. I båda fallen krävs ytterligare studier för att verifiera om dessa tendenser stämmer. Det är dock allmänt känt att torv med högre grad av humifiering har en högre densitet än lägre och att humifieringsgraden i sig styrs av näringsinnehållet (jfr till exempel Boelter, 1968 och Norberg et al., 2019) och eventuell påverkan via dränering och markbearbetning.

Resultatet i denna studie kan jämföras med tidigare studier som har fått liknande värden vad gäller avgången av växthusgasen koldioxid. Sammanställningar gjorda av IPCC (2013) och Wilson et al. (2016) indikerade att nettoutsläppen till följd av dikning för bördiga skogklädda torvmarker i den tempererade zonen i genomsnitt ligger på 9,5 ton koldioxid per hektar och år. Det kan jämföras med denna studies resultat där de indikerade årliga nettoförlusterna av koldioxid per hektar var 12 ton för örttyp, 5,2 ton för grästyp och 3,1 ton för blåbärstyp som är de tre vanligaste vegetationstyperna på dikad torvmark som brukar räknas som bördiga.

Detsamma gällde för resultatet för den boreala zonen, där vårt resultat för latitud 59 blev 3,0 ton koldioxid per hektar och år på gräs- och blåbärstyp, som brukar räknas till de näringsrika, och 1,0 ton koldioxid på näringsfattig mark (fattigristyp), vilket ligger mycket nära IPCC 2013 och Wilson et al. (2016) som gav ett medel på 3,4 ton koldioxid per hektar och år på näringsrik mark och 0,9 ton koldioxid på näringsfattig mark. Även de Jong et al. (2015) drog slutsatsen att bördiga dikade torvmarker avger högre nettoemissioner av koldioxid än magra. Vårt resultat ger nu en mer upplöst bild av hur emissionerna skiljer mellan olika näringsrika vegetationstyper i södra Sverige.

I denna studie användes en ny obeprövad metodik. Antagandet att mårten på det som nu är översta roten speglar markhöjden vid plantering/groning skulle kunna ge en systematisk underskattning av marksänkningen på någon till ett par centimeter, men knappast mer. Om någon yta utsatts för högläggning innan träden planterades eller grodde skulle det tvärtom kunna ge en överskattning av marksänkningen mätt på detta sätt. Högläggning blev dock mer allmänt använt först i mitten/slutet på 1980-talet och det bedöms inte ha påverkat någon av våra uppmätta höjdskillnader. Om dikningen gjorts efter att träden grott finns också risken att träden som grodde på upphöjda punkter gynnades av den lite torrare miljön för plantan. I vår studie är det endast två mätserier (Bilaga 1) som mätts på platser där dikningen gjordes efter plantornas grodd och där var det ingen

höjdskillnad. Det finns dock en risk för överskattning av marksänkningen för fattigris då negativa värden inte kunde uppmätas, vilket möjligen hade behövts för att omhänderta den naturliga variationen. Av naturliga skäl är metoden relativt sett osäkrare för små värden än för större.

Metoden bygger på antagandet att den nuvarande densiteten inte skiljer påtagligt från medelvärdet över den tid som den uppmätta marksänkningen skett. Om densiteten faktiskt har ökat något över decennierna ger det i så fall en liten överskattning av torvnedbrytningen. Det har densiteten i så fall gjort just för att det skett en nedbrytning. I gengäld kan även träden ha sjunkit något och det kan i så fall ge en viss underskattning. Troligtvis håller trädets rötter emot en sådan sänkning.

För att ytterligare förbättra kunskapen om hur hastigheten på torvnedbrytningen varierar på dikad skogsmark kan denna metod användas i fler delar av landet. Förutom vegetationstyp, skulle andra faktorerers inverkan kunna studeras, till exempel grundvattennivåns läge och effekten av tid sedan dikning.

Om metodiken används framgent bör nog torvprover tas i en större volym per plats, antingen via ännu fler delprover eller med ett tjockare provtagningsrör. Det minskar inverkan av den naturliga variationen och ökar möjligheten att detektera signifikanta skillnader i torvdensitet mellan olika ståndortstyper om de finns. Skogsstyrelsens återvätningsplanerare har dessutom observerat att dikad torvmark i skog ibland innehåller hålrum, vilket även vi noterade på några ställen. Dessa kan ha uppstått på flera sätt. Ifall torvnedbrytningen också pågår ”inne i” torven kan det påverka tolkningen av resultaten över marksänkningen på olika sätt. Detta behöver undersökas vidare så att dess betydelse för torvnedbrytningen kan ringas in.

Vad gäller gropunktens läge och hur man på bäst sätt kan lokalisera denna bör undersökas bättre. Det vore bra det gick att ta fram ett sätt att skatta rotens märghöjd utan borring. Borrningen är tidskrävande och om ett sådant värde fanns skulle det effektivisera arbetet i fält. (Borrning med skruvdragare är också ett alternativ.)

4.1 Slutsatser

Metoden visade sig ge ett tillfredsställande resultat på så sätt att signifikanta skillnader i marksänkningshastighet kunde påvisas mellan olika näringsrika torvmarker, trots ett relativt begränsat antal upprepningar ($n = 4 - 7$). Metoden bör därför kunna användas för vidare studier på fler typer av dikade skogklädda torvmarker.

Fungerande diken på torvmark verkar ge en torvnedbrytning av i storleksordning 0,51 cm/år på örttyp (lat 57), 0,28 cm/år på grästyp (båda lat), 0,16 – 0,18 cm/år på blåbärstyp (båda lat) och 0,08 cm/år på fattigristyp i västra delen av Svealand och Götaland.

Det fanns även en tendens, dock icke signifikant, till högre densitet för den mer näringsrika torven, vilket i så fall förstärker skillnaden i årlig kolförlust mellan mer och mindre näringsrik torv. Vid användning av den medeldensitet som uppmättes för respektive ståndortstyps provplatser skattades en årlig nettoavgång på 12 ton för örttyp, 3,4 – 5,2 ton för grästyp, 2,6 – 3,1 ton för blåbärstyp och ca 1 ton koldioxid per hektar och år för fattigristyp.

Studien stödjer tidigare rön att det finns en tydlig gradient från högre nedbrytningshastighet på mer näringsrik torv mot lägre via grästyp och blåbärstyp och lägst på fattigristyp.

Referenser

Bashiry, D., Brunér, S., Engvall, K., Hansson, K., Olsson, E. & Schmidt, J. (2023). *Klimatpåverkan av att återställa skogstorvmarker*. Uppsala. Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskaper. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1762120/FULLTEXT01.pdf>
Hämtad: [2023-07-06]

Berglund, K. (2008). *Torvmarken, en resurs i jordbruket igår, idag och även imorgon?* Runefelt, L (red.) Svensk mosskultur. Odling torvanvändning och landskapets förändringar 1750-2000. Stockholm: Kungl. Skogs- och lantbruksakademien. 483-498.
<https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/mom/publications/misc/kapite21mosskultur-k--berglundhemsida.pdf>
Hämtad: [2023-07-25]

Boelter D. H. (1968). *Important Physical Properties of Peat Materials*. USDA report. https://www.nrs.fs.usda.gov/pubs/jrnl/1968/nc_1968_boelter_001.pdf
Hämtad: [2023-8-01]

De Jong, J., Brandel, M., Erlandsson, Å., Jordan, S., Lundberg, K., Olsson, M., Rülcker, C. & von Stedingk, H. (2015). *Förvaltning av torvtäckt skogsmark med avseende på klimat och naturvärden*. Energimyndigheten. <svensk-torv-6.pdf> (<energimyndigheten.se>)

Drott, A. & Eriksson, H. (2021). *Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dikesunderhåll och återvätning. Kunskapssammanställning och analys. (Rapport 2021/7)*. Skogsstyrelsen. <2021-7 Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effek-ter av dikesunderhåll och återvätning> (<skogsstyrelsen.se>)
Hämtad: [2023-07-07]

Eliasson, P. (2008). *Skogsdikning och skogsväxt under 1900-talet*. Stockholm: Enheten för de areella näringarnas historia. *Svensk mosskultur. Odling torvanvändning och landskapets förändringar 1750-2000*. Stockholm: Kungl. Skogs- och lantbruksakademien. 181-194. <https://www.ksla.se/wp-content/uploads/2013/08/Skogsdikning-och-skogsv%C3%A4xt-under.pdf>
Hämtad [2023-07-25]

Henrik von Stedingk (2009). FAKTA SKOG Rön från Sveriges Lantbruksuniversitet. faktaskog_12_2009.pdf (<slu.se>)
Hämtad: [2023-07-10]

Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. & Troxler, T.G. (2014). *2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands*. 2013 Supplement to the 2006

Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). (2014). *2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands*. Schweiz: IPCC.

<https://www.ipcc.ch/publication/2013-supplement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories-wetlands/>

IPS (2008). *Peatlands and climate change*. Jyväskylä: International Peat Society. [4881 Peatsland and climate change \(wur.nl\)](#)

Hånell B. (2009). *Möjligheterna till höjning av skogsproduktionen i Sverige genom dikesrensning, dikning och gödning av torvmarker*. Faktaunderlag till MINT- utredningen, bilaga 4, Sveriges lantbruksuniversitet.

Hägglund, B. & Lundmark, J-E. (2021). Skogsstyrelsen. *Bonitering av skogsmark. Anvisningar, diagram och tabeller*

Kasimir Klemedtsson, Å. (2013). *Skog och jordbruk på dikade våtmarker avger stora mängder växthusgaser*. BECC Policy Brief. [dikade_vatmarker_03_2013_final.pdf \(lu.se\)](#)

Larsson, O. & Carlstedt, L. (2020). *Återvätning av dikad torvmark*. Göteborg. University of Gothenburg. https://gupea.ub.gu.se/bitstream/handle/2077/65238/gupea_2077_65238_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
Hämtad: [2023-07-06]

Naturvårdsverket (2016). *Torvutvinningens och torvanvändningens klimat- och miljöpåverkan*. (NV-06808-15). <https://www.regeringen.se/contentassets/a3bc8d000fb141eb8b357b5a29cac06e/naturvardsverkets-redovisning-av-torvutvinningens-och-torvanvandningens-klimat--och-miljopaverkan.pdf>

Naturvårdsverket (2023). *National Inventory Report Sweden 2023. Greenhouse Gas Emission Inventories 1990-2021*. Rapporterad till IPCC i enlighet med klimatkonventionen (UNFCCC). [National Inventory Submissions 2023 | UNFCCC](#)
Hämtad: [2023-09-18]

Norberg L, Berglund Ö. & Berglund K. (2018) Impact of drainage and soil properties on carbon dioxide emissions from intact cores of cultivated peat soils. *Mires and Peat* 21(3): 1–14.
DOI: 10.19189/MaP.2017.OMB.284

Skogskunskap (2021). *Dikning och dikesrensning*. <https://www.skogskunskap.se/hansyn/vatten-och-mark/praktiska-rad-for-hansyn-till-vatten/dikning-och-dikesrensning/>
Hämtad: [2023-07-10]

Skogsstyrelsen (2021). *Bonitering av skogsmark – anvisningar, diagram och tabeller*. Jönköping. [Skogsstyrelsens Böcker & Broschyrer - Bonitering av skogsmark - anvisningar, diagram och tabeller](#)

Sveriges miljömål (2023). *Nationella utsläpp av lustgas, N20*. Naturvårdsverket. <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/skyddande-ozonskikt/lustgasutslapp/>
Hämtad: [2023-07-18]

Wilson, D., Dominique, B., Couwenberg, J., Evans, C., Murdiyarto, D., Page, S., Renou-Wilson, F., Rieley J., Sirin, A. A., Strack, M. & Tuittila E-S. (2016) *Greenhouse gas emission factors associated with rewetting of organic soils*. (Volume 17). International Mire Conservation Group and International Peatland Society. http://mires-and-peat.net/media/map17/map_17_04.pdf

Bilagor

Bilaga 1. Grunddata och resultat där mätserier togs latitud 47/59, markvegetationstyp, lat/long, trädålder, höjdskillnad (mellan gropunktens läge och markplan) och dikningsår.

Latitud	Veg.typ	Latitud,Longitud	Trädåldrar	Höjdskillnad	Dikningsår
57	Ört	56.7011,13.3189	40/30/30	18/18/21	1981
		56.7561,13.6493	40/45/45	25/24/25	Fanns 1960
		56.7705,13.5841	27/27/27	13/7/26	Fanns 1952
		56.8459,13.2229	45/45/45	13/12/17	Dikena äldre
57	Gräs	56.7187,13.3440	55/55/55	16/20/17	Fanns 1952
		56.7333,13.3422	35/35/35	8/16/12	Fanns 1953
		56.7012,13.3182	40/40/40	10/18/25	1981
		56.7704,13.5832	55/55/55	17/9/10	Fanns 1952
		56.7941,13.6085	40/45/28	7/6/2	Fanns 1952
		56.8478,13.2271	56/56/45	13/12/12	Fanns 1968
57	Blåbär	56.7197,13.3468	70/70/70	10/15/2	Fanns 1952
		56.7705,13.5829	50/50/50	12/2/16	Fanns 1952
		56.7648,13.5947	55/55/55	12/11/9	Fanns 1952
		56.7957,13.6127	35/65/80	10/14/5	1960
		56.7914,13.6164	55/40/40	2/4/10	1960
		56.8474,13.2258	42/35/40	13/12/12	Fanns 1968
		56.8715,13.1780	45/45/40	0/6/9	1970
59	Gräs	59.4431,13.3236	38/38/29	18/14/11	1968-1975
		59.3738,15.4314	44/48/34	7/7/8	Senast 1959
		59.5522,15.1357	46/47/47	8/9/0	Senast 1959
		59.5440,15.1410	30/30/30	10/24/14	Mellan 1941-1959
		59.5429,15.1440	35/55/55	10/9/8	Senast 1959
59	Blåbär	59.4544,14.3290	73/73/73	29/20/26	1936-1950
		59.4614,14.3226	46/48/46	3/2/9	Senast 1950
		59.4556,14.3246	73/73/73	13/7/11	1936-1950
		59.3737,15.4314	45/46/45	8/5/4	1950
		59.3730,15.4321	43/43/73	8/5/5	1936-1950
		59.3639,15.3389	43/40/40	7/5/5	Fanns 1958
		59.3652,15.4418	49/47/47	12/12/10	Fanns 1958
59	Fattigris	59.4406,13.3168	40/39/42	4/0/0	Slutet av 70-talet
		59.4438,13.3156	52/52/52	12/18/19	Mellan 1968-1971
		59.4409,15.4526	110/110/110	0/0/0	Troligen runt 1948
		59.3636,14.4916	43/52/58	0/0/0	Mellan 1934-1958
		59.3639,14.4939	70/77/106	7/2/0	Mellan 1934-1958

Bilaga 2. Exempel Ört 57°, Konfidensintervall

$$N = 5$$

$$\text{Frihetsgrader} = 5 - 1 = 4$$

$$\text{Sannolikhet} = 95 \%$$

Frihetsgrader	Sannolikhet P%					
	5%	2,5%	1%	0,5%	0,1%	0,05%
1	6,314	12,706	31,821	63,657	318,310	636,620
2	2,920	4,303	6,965	9,925	22,326	31,598
3	2,353	3,182	4,541	5,841	10,213	12,924
4	2,132	2,776	3,747	4,604	7,173	8,610
5	2,015	2,571	3,365	4,032	5,893	6,869
6	1,943	2,447	3,143	3,707	5,208	5,959
7	1,895	2,365	2,998	3,499	4,785	5,408
8	1,860	2,306	2,896	3,355	4,501	5,041
9	1,833	2,262	2,821	3,280	4,297	4,781
10	1,812	2,228	2,764	3,169	4,144	4,587

$$\text{Medelvärde} \pm T\text{-värde} \times \text{st. avvikelse} / \sqrt{n}$$

$$0,51 - 2,776 \times 0,1309 \dots / \sqrt{4} = 0,33$$

$$0,51 + 2,776 \times 0,1309 \dots / \sqrt{4} = 0,69$$

Bilaga 3. Exempel Ört 57°, Skattad årlig torvförlust [ton CO₂/ha/år]

$$\text{Ört } 57^\circ = 0,51 \text{ cm/år} = 0,0051 \text{ m/år}$$

$$1 \text{ ha} = 10000 \text{ m}^2$$

$$\text{Volym} = 10000 \times 0,0051 = 51 \text{ m}^3/\text{år}$$

$$\text{Densitet} = \frac{39 \text{ g}}{0,31 \text{ dm}^3} = \frac{0,039 \text{ kg}}{0,00031 \text{ m}^3} = 125,8 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Massan} = 50 \times 125,8 \text{ kg/år} = 6290 \text{ kg/år} \approx 6,3 \text{ ton/år}$$

$$6,3 \times 50 \times 0,51 \times 44/12 = 11,8 \approx 12 \text{ CO}_2/\text{ha och år}$$

Ordlista

Gropunktens läge	Den punkt där trädets frö en gång började gro. Denna lokaliseras i trädets översta rot.
Nydikning	Markavvattning genom att gräva diken.
Dikningseffekt	Konsekvens efter dikning i form av höjd träd tillväxt.
Mätserie (i denna studie)	Tre mätpunkter där lika mätningar görs.
Torvmark	Mark som består av minst 30 cm rent organogent material i ytan.
Produktiv skogsmark	Skogsmark som producerar över 1 m ³ sk per hektar och år.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.