

# Gödsling på torvmark



Askgödsling av kväverika torvmarker som lider brist på kalium och fosfor är särskilt lönsam. Spridning från marken fungerar bäst då marken är frusen, och den är också den förmånligaste metoden. Bild: © Pentti Väisänen.

## Kuvas

Trädens tillväxt är beroende av olika miljöfaktorer och markens egenskaper. Syftet med skogsgödsling är att förbättra trädens tillväxt och livskraft genom att tillföra sådana näringsämnen som det är ont om i marken, med beaktande av trädens behov. Samtidigt förbättrar man skogsbrukets lönsamhet. Med vitaliseringsgödsling korregerar man obalans i näringshushållningen, vilket ofta förekommer på torvmarker.

Gödsling är en snabb och kostnadseffektiv metod att försnabba diameterutvecklingen i både klenare och grövre, skötta, barrträdsdominerade gallringsskogar. Med hjälp av skogsgödsling kan skogsägaren öka kolbindningen och virkesproduktionen samt förbättra skogsbrukets lönsamhet. Gödsling kan utföras flera gånger under ett bestånds omloppstid.

På dikade torvmarker kan man minska behovet av istandsättningsdikning med askgödsling, eftersom denna ökar beståndets tillväxt och avdunstning<sup>[1]</sup>.

På torvmarker används allmänt aska som gödselmedel, eftersom askprodukter som lämpar sig för gödsling innehåller fosfor och kalium, som det råder brist av på torvmarker.

## Näringsobalans på torvmarker är vanligt

Då träd växer använder de näringsämnen i vissa förhållanden. Om det i växtsubstratet förekommer näringsämnen i för träden användbar form i ett förhållande som inte motsvarar trädens behov talar man om näringsobalans. Detta är skadligt för trädens tillväxt.

Vid näringsobalans på torvmarker är det oftast fråga om att det finns för lite fosfor (P), kalium (K) och också bor (B) i förhållande till mängden kväve (N) i torven. Det behövs speciellt mera kalium och fosfor för att träden skall kunna uppnå den nivå på tillväxten som mängden tillgängligt kväve möjliggör för den ifrågavarande ståndorten.

### Typiska objekt har ett tjockt torvtäcke

Brist på kalium och fosfor är typiskt på torvmoar av typ II, som före dikning varit blöta öppna torvmarker eller så kallade trädfattiga torvmarker av blandtyp. I följande tabell <sup>[2]</sup> beskrivs hur vanligt näringsbrist är på olika ståndorter på torvmark.

Förekomst av näringsbrist (% av observationer på basis av barranalys, n=494) på talldominerade icke grundgödslade torvmoar 30-40 år efter dikning. På torvmarker som tidigare blivit PK-gödslade finns i allmänhet inget behov av att tillföra fosfor under omloppstiden, men det kan råda allvarlig brist på kalium.

| Ursprunglig torvmarkstyp | Typ av torvmo    | Andelen objekt av de inventerade som lider av näringsbrist, % |        |     |
|--------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------|--------|-----|
|                          |                  | Fosfor                                                        | Kalium | Bor |
| Äkta myr                 | Litm I, Rtm      | 36                                                            | 7      | 2   |
| Myr av blandtyp          | Bltm II, Litm II | 55                                                            | 38     | 10  |
|                          | (Rtm)            | 50                                                            | 18     | 4   |
| Öppen mosse              | Bltm II          | 76                                                            | 54     | 5   |
|                          | Litm II, (Rtm)   | 68                                                            | 34     | 3   |

Ravinnepuutosten yleisyys (neulasanalyysin perusteella % havainnoista, n=494) mäntyvaltaisilla ei peruslannoitetuilla turvekankailla 30–40 vuotta ojituksen jälkeen. Aikanaan PK-peruslannoitetuilla soilla ei pääsääntöisesti ole tarvetta fosforin lisäämiseen kiertoajan aikana, mutta kaliumista voi olla ankara pula.

Om torvmarken har varit trädbevuxen redan före dikning är näringsobalans ovanligare än hos ursprungligen öppna eller glest trädbevuxna torvmarker. På objekt där det inte förekommer symtom på näringsbrist blir nyttan med gödsling mindre.

Vitaliseringsgödsling är med tanke på tillgången på kalium och därmed säkerställande av virkesproduktionen ofta nödvändigt på torvmarker med tjockt torvtäcke<sup>[3]</sup>. Eftersom träden cirkulerar näringsämnen inom sina olika delar rätt så effektivt<sup>[4]</sup>, minskar inte trädens tillväxt alltid även om det finns bara en liten mängd kalium i torven. När trädbeståndet förnyas avlägsnas samtidigt näringsämnen. Kalium som urlakas från avverkningsrester hjälper den nya trädgenerationen, men urlakas lätt vidare, vilket ökar risken för näringsobalans.<sup>[5]</sup> Av denna orsak kan det rätt så snart efter förnyelse förekomma symtom på kaliumbrist i det nya beståndet. Detta kan gälla samtliga objekt med tjockt torvtäcke, också dem av typ I.<sup>[6]</sup>

Läs mer om [torvmotyper och ståndortstyper](#).

## Gödslingseffektens längd på torvmarker

Gödslingseffekten hos **vitaliseringsgödsling**, då den görs som askgödsling på dikade torvmarker, är längre än på mineraljordar. Beroende på gödselpreparatet kan den vara i 15-30 år eller till och med längre, speciellt beroende på mängden kalium [\[7\]\[3\]\[8\]](#). Med en gödsling får man för flera årtionden framåt den mängd fosfor som träden behöver. Säkerställande av trädens tillgång till kalium kan förutsätta en ny gödsling under omloppstiden. Tillräcklig tillgång till kalium är den största utmaningen inom näringshushållningen då det gäller virkesproduktion på bördiga torvmarker. [\[3\]](#)

Gödslingseffekten på torvmarker börjar i allmänhet synas långsamt till en början och tillväxtökningen kulminerar 10–20 år efter dikning. I norra Finland är processen långsammare [\[9\]](#).

## Inverkan av borgödsel

Med vitaliseringsgödsling kan man korrigera också borbrist, antingen med hjälp av en separat borgödsling eller som en del av annan gödsling. Ren träaska innehåller också bor. Barrens borhalt stiger snabbt efter gödsling och tillväxteffekter syns redan efter 2–4 år. Verknings tiden är längre än hos kvävegödsling på mineraljord, men man känner inte tillräckligt bra till reaktionerna på olika ståndorter och därmed inte heller hur ofta borgödsling borde upprepas [\[10\]](#).

## Eftersträvad ökad tillväxt på torvmark

På torvmarker är den genomsnittliga tillväxtökningen som PK- eller askgödsling leder till på lång sikt 1–3 m<sup>3</sup>/ha/år på torvmarker med bra tillgång på kväve av torvmotyt Bltmo II och Ltmo, beroende på ståndort. [\[11\]\[7\]\[11\]\[12\]\[13\]](#). Variationen i tillväxtökning beror också på de näringsförhållanden som rådde före gödsling. Tillväxtökningen är blygsam då halten kalium och fosfor i barren är god eller nöjaktig före gödsling.

De största tillväxtökningarna uppnås då det råder allvarlig brist på kalium och fosfor (se tabellen under rubriken Näringsobalans på torvmarker är vanligt). Härvid motsvarar förändringen av näringstillståndet en ståndort som är en eller två klasser bördigare.

Allmänt taget kan man säga att ju bättre tillgången är på kväve och ju större obalans som förekommer mellan kväve och andra näringsämnen, desto större är den absoluta och den relativa tillväxtökning som gödslingen leder till [\[14\]](#).

Korrigerig av borbrist med gödsling minskar tillväxtstörningarna i topparna, vilket leder till att den har den tydligaste inverkan på ökningen av höjdtillväxten, Däremot påverkas i allmänhet inte diametertillväxten. [\[15\]](#)[\[16\]](#)[\[17\]](#)

Nyttan av gödsling kan förväntas bli bättre speciellt i norra Finland, där låga temperaturer i jorden också begränsar trädens tillväxt.

Skogsgödsling skall undvikas på de områden som är mest utsatta för snöskador. Dessa befinner sig typiskt på en höjd över 200 m över havsytan [\[18\]](#). Gödsling är inte lönsamt på områden där värmesumman är lägre än 850 d.d. -enheter.

# Päätöksenteko

## Gödsling - ekonomi

Skogsgödsling är ekonomiskt sett en av de lönsammaste investeringarna man kan göra i skogsbruket. Gödslingen ökar produktionen av gagnvirke och påskyndar trädens diameterutveckling. Därigenom kan också omloppstiden förkortas, dvs. avverkningarna tidigareläggas. Jämfört med andra skogsvårdsarbeten är investeringen rätt kortvarig då man till största delen kan realisera den ökade produktionen redan vid nästa avverkning.

## Tilläggsproduktion snabbt

Gödsling ökar trädbeståndets tillväxt och försnabbar trädens diametertillväxt, vilket möjliggör tidigareläggande av avverkningar.

Gödsling är också förknippat med ekonomiska risker. Det går inte att förutspå omfattningen av tillväxtreaktionen och inte heller kommande prisnivå på virke. Kostnaderna för gödselpreparatet och gödslingsarbetet inverkar också på lönsamheten. Den ökade barrmassa som gödslingen ger upphov till kan i vissa fall öka riskerna för vind- och snöskador.

## Det lönar sig att gödsla tidigt i bestånd som lider av näringsbrist

På torvmarker där det förekommer näringsbrist och på mineraljordar vid behov redan i plantskogsstadiet förebygger vitaliseringsgödsling en tillbakagång av tillväxten och tekniska fel i virket. Objekt för vitaliseringsgödsling på mineraljord är till exempel plantskogar av gran som lider av borbrist<sup>[19]</sup>. Också på torvmarker är gödsling lönsamt börjande från plantskogar och de svagaste ståndorterna, det vill säga ristorvmoar.<sup>[8]</sup>

## Samprojekt förbättrar lönsamheten

Mest lönsamt är att utföra gödslingen i form av samprojekt eller som stora separata projekt. Då hålls hektarkostnaderna för anskaffningen och spridningen av gödseln på en rimlig nivå. För en självverksam skogsägare kan det också vara ändamålsenligt att gödsla också mindre områden som eget arbete.

## Gödsling av torvmarker - ekonomi

Det är vanligare med näringsbrist på torvmarker än på mineraljordar. Att åtgärda näringsbristen på torvmarker hör till de viktigaste metoderna för att garantera en positiv beståndsutveckling och öka avkastningen. Den interna räntan vid vitaliseringsgödsling av torvmarker varierar mellan 5–20 procent beroende på markens kvävenivå och hur kraftig näringsobalansen är. Gödsling som åtgärdar bristen på fosfor, kalium och bor på torvmarker är en mycket lönsam åtgärd i dessa fall. Speciellt på torvmarker med tjockt torvtäcke finns det i allmänhet ett behov av att vitaliseringsgödsla den andra generationens trädbestånd efter dikning, ifall virkesproduktion är det primära målet.

### Förväntad avkastning

Om en barranalys visar att det är en betydande brist på fosfor, kalium eller bor i ett bestånd på torvmark, men kvävetillståndet är gott, är det ofta mycket lönsamt att utföra en gödsling för att återställa näringsbalansen. Verkningstiden för gödsling på torvmarker är lång, 15-30 år, och för askgödsling till och med längre. På lingon- och blåbärstorvmoar av typ II (Litm II och Bltm II) som lider av allvarlig brist på fosfor och kalium, ökar i normalfall tillväxten totalt med 40-100 m<sup>3</sup> per hektar, vilket är betydligt mer än vad en kvävegödsling resulterar i på mineraljord. Den förväntade interna räntan för investeringen i gödsling blir då ca 6-10 procent beräknat på 20-25 år.

Gödsling lönar sig också då näringsnivåerna är nöjaktiga, särskilt om det bara är frågan om brist på bor eller kalium. Lönsamheten i sådana fall blir dock lägre än i det ovannämnda exemplet. Om man å andra sidan har tillgång till ett lämpligt gödselmedel, kan tillförandet av bara kalium och bor på en figur som 20-25 år tidigare gödslats med PK-gödsel vara lönsammare än att igen utföra en PK-gödsling, eller en askgödsling.

### Gödsling av unga bestånd kan löna sig

Det lönar sig att gödsla genast då risken för näringsbrist på objektet blir påtaglig. Bestånd på torvmark, speciellt på torvmoar av typ II (Bltmoll-Litmoll<sup>[8]</sup>), drar nytta av gödsling. På vissa ståndorter på torvmark kan brist på kalium förekomma redan i yngre plantbestånd, vilket till och med kan stoppa tillväxten i granplantbestånd. Askgödsling av ett plantbestånd

på torvmark kan vara en ekonomiskt sett förnuftig åtgärd, eftersom den ökar tillväxten kraftigt och inverkan fortgår i årtionden. [\[10\]\[8\]](#)

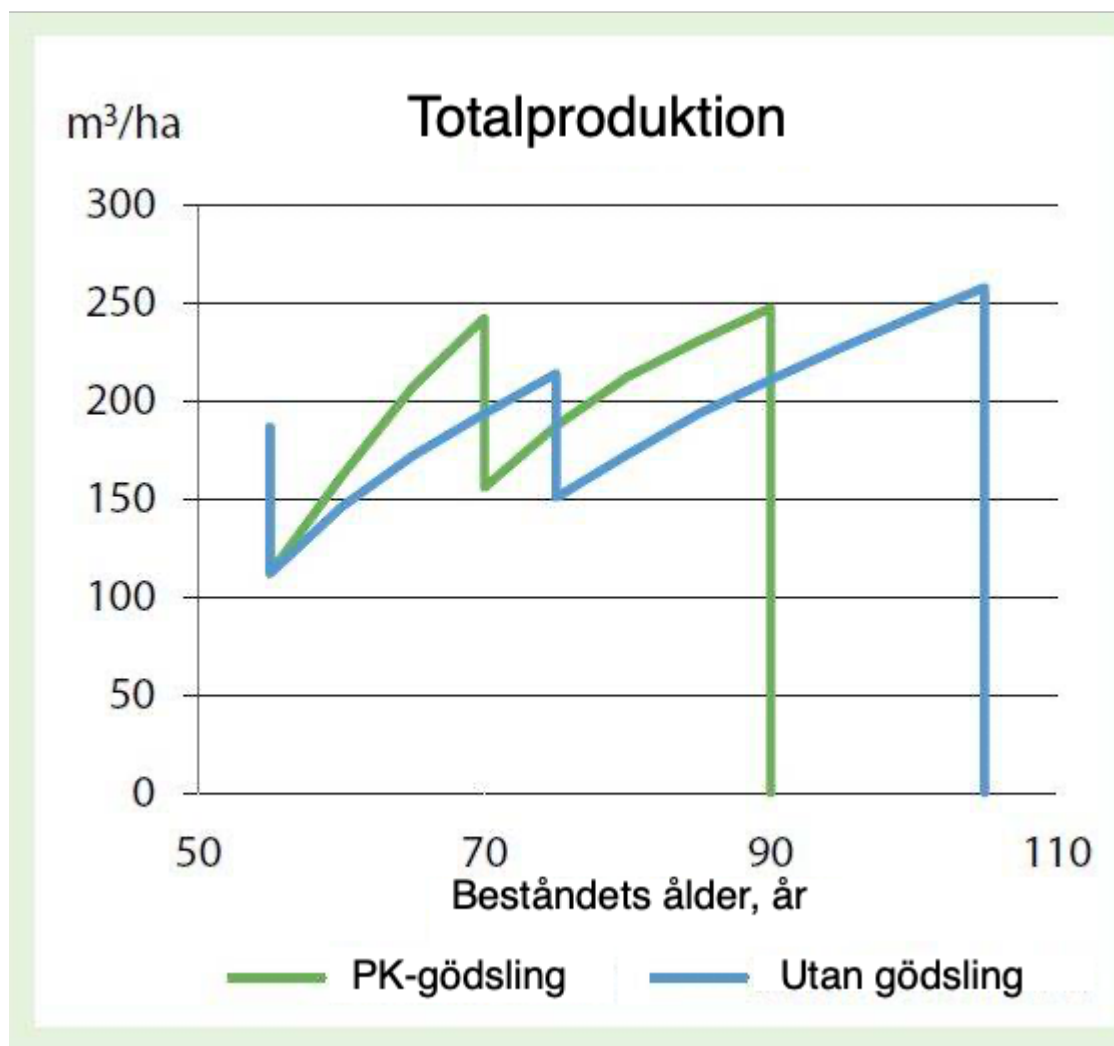
|                                         |                                                                                                                          |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Objekt</b>                           | Kväverik lingotorvmo i Mellersta Österbotten, som lider av brist på fosfor och kalium                                    |
| <b>Bestånd</b>                          | Talldominerat 55-årigt gallringsbestånd<br>Övre höjd: 14,5 meter<br>Grundyta: 27,5 m <sup>2</sup> /ha                    |
| <b>Behandlingsalternativ 1</b>          | Gallring och PK-gödsling vid 55 år + gallring vid 70 år + slutavverkning vid 90 år.<br>Diameter vid slutavverkning 23 cm |
| <b>Behandlingsalternativ 2</b>          | Gallring vid 55 år + gallring vid 75 år + slutavverkning vid 105 år.<br>Diameter vid slutavverkning 23 cm                |
| <b>Resultat behandlingsalternativ 1</b> | Gagnvirkesutfall: 400 m <sup>3</sup> /ha, varav stock 175 m <sup>3</sup> /ha                                             |
| <b>Resultat behandlingsalternativ 2</b> | Gagnvirkesutfall: 390 m <sup>3</sup> /ha, varav stock 165 m <sup>3</sup> /ha                                             |

Det ekonomiska resultatet hos detta exempel - nettoinkomsternas nuvärde (NPV) - har räknats ut med två räntesatser (3 % ja 5 %) och med användning av statistikförda förverkligade rotpriser och en gödslingskostnad på 400 €/ha. Gödslingen ökade märkbart nettoinkomsternas nuvärde, dvs var mycket lönsam med bägge räntesatserna. Då man väljer objekt rätt är gödsling av torvmarker därför ett ytterst lönsamt investeringsalternativ.

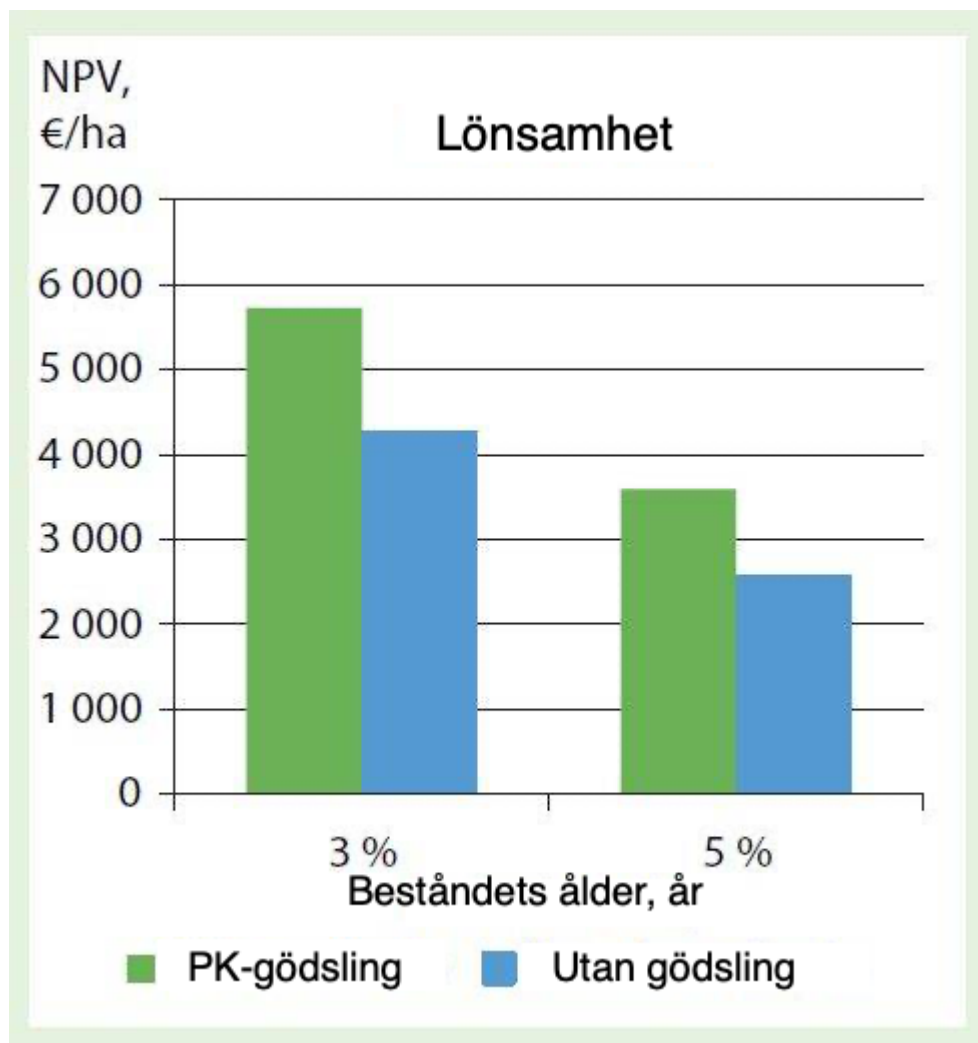
#### Slutsatser:

- Rätt val av gödslingsobjekt är a och o med tanke på gödslingens effekt på tillväxten och därmed lönsamheten.
- Den bästa lönsamheten uppnår man på barrträdsdominerade torvmoar som har god tillgång på kväve men där det förekommer näringsobalans.
- Gödsling av torvmark kan resultera i kortare omloppstider och ett virkesutfall med större andel stock.
- På lämpliga objekt är lönsamheten i torvmarksgödsling god, också då man beaktar eventuella variationer i virkespriset och gödslingskostnaderna. Risken i investeringen är med andra ord relativt liten.

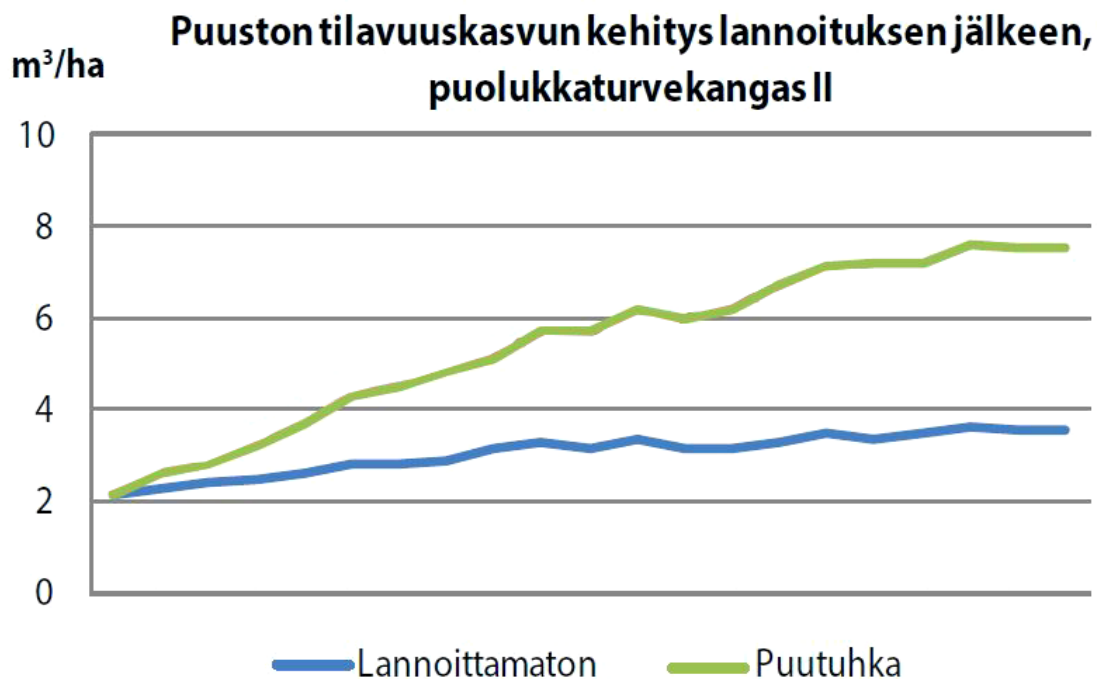
Källa: Ahtikoski, A., Luke



Den prognosticerade volymutvecklingen och omloppstiden hos ett bestånd med och utan PK-gödsling.



Nettonuvärde, €/ha, beräknat på tiden mellan 55 år och slutavverkning (90 år för gödslat, 105 år för ogödslat bestånd). Räntesatserna som har använts i exemplet är 3 % och 5 %.



Esimerkki puuston vuotuisen tilavuuskasvun kehityksestä lannoituksen jälkeen, puolukkaturvekangas II (Pohjois-Pohjanmaa). Ravinnelisäys on molemmissa lannoitusvaihtoehdoissa sama: fosfori 45 kg/ha ja kalium 90 kg/ha. Kasvulisäyksillä saadaan lannoitusinvestoinnille 20 vuoden aikana lähes 10 prosentin korko. Puiden ravinnetilan ja kasvun säilyminen maksimissa edellyttää jatkolannoitusta noin 15–25 vuoden kuluttua ensimmäisestä lannoituksesta. Silloin kaliumlannoitus yleensä riittää ja antaa merkittävän lisäkasvun verrattuna siihen, että metsikköä ei jatkolannoiteta. I-typin turvekankailla lannoitusvaikutus ja taloustulos jäävät kuvan esimerkkiä pienemmiksi (Lähde: Metsäntutkimuslaitos. Aineisto vuonna 1985 perustetusta lannoituskokeesta Ruukissa. Julkaisematon.)

## Kvävegödsling lönar sig sällan på torvmarker

Tillväxtreaktioner efter kvävegödsling är blygsamma även om trädens näringstillstånd för kvävet skulle vara nöjaktig eller rätt så svag. Effekten av kvävegödsling blir också rätt så kort, 6–10 år. Av denna orsak är lönsamheten hos kvävegödsling då det gäller skötsel av torvmarksskogar i allmänhet dålig. Kvävegödsling kan motiveras med ekonomi endast på karga lingon- och ristorvmoar ca tio år före slutavverkning.

## **Beaktande av mångfalden vid gödsling**

Mijörisker som hänger ihop med gödsling är urlakning av näringsämnen i vattendrag eller grundvatten och dessutom på mineraljordar försurning av marken. Dessa risker kan minimeras med noggrann planering och noggrant utförande. Detta innebär ett ändamålsenligt val av gödselmedel, spridningsmetod och spridningstidpunkt.

## **Risk för urlakning genast efter spridning på mineraljordar**

På mineraljordar är urlakningsrisken vid kvävegödsling störst de två första åren efter gödsling. Av de näringsämnen som påverkar vattendragens näringsinnehåll är fosfor viktigast. Användning av fosforgödsel ökar inte nämnvärt näringsbelastningen på vattendragen, eftersom fosfor binds kemiskt i marken.

## **Hänsyn till vattendrag genom skyddszoner på torvmarker**

På torvmarker är ett val av gödslingsobjekt som leder till den bästa tillväxtökningen speciellt viktigt både med tanke på ekonomin och hänsyn till miljön. Fosfor- och kaliumgödsling på kväverika torvmarker hör entydigt till de mest lönsamma och de utgör ingen märkbar risk för urlaking av näringsämnen till vattendrag eller grundvatten. Urlakning av näringsämnen till vattendrag från områden som gödglas förhindras effektivast genom att använda vattenskyddsmetoder som baserar sig på översilning.

Aska som används för skogsgödsling skall ha en sådan varudeklaration som förutsätts i förordningen om gödselprodukter. Med hjälp av denna kan man försäkra sig om att rekommenderade och för miljön säkra halter av tungmetaller inte överskrids. Man skall alltid känna till askegödselmedlets näringsinnehåll och halter av tungmetaller för att kunna uppskatta den korrekta gödselgivan.

## **Gödsla inte överallt**

Av miljöskäl är gödsling olämpligt på följande objekt:

- Skyddszoner invid vattendrag och småvatten. Zonernas bredd beror på markens lutning och jordmånen. Man kan använda sig av fuktighetsindex- och flödesnätverkskartor för att lokalisera objekt som skall undvikas.

Grundvattenområden av klass 1, 1E, 2, 2E och E. Om det är nödvändigt med gödsling för att korrigera näringsobalans, skall gödslingens inverkan på grundvattnet utvärderas separat. Vid behov skall man vara i kontakt med NTM-centralen för att klarlägga förutsättningarna för gödsling.

- Karga torvmarker som är i behov av kväve och där torven innehåller bara små mängder järn och aluminium. Låghumifierad vitmosstorv innehåller knappt med järn- och aluminiumföreningar, vilket leder till att deras förmåga att binda fosfor är dålig och risken för urlakning därmed stor.
- Karga, sorterade mineraljordar med hög vattengenomsläpplighet.
- Övergångszoner mellan torvmarker och moskogar.

Övriga miljökrav på gödsling:

- Gödsla enligt konstaterat behov hos beståndet. Gör en barranalys vid behov.
- Sprid inte gödselmedel i vattendrag, småvatten eller värdefulla livsmiljöer.
- Undvik att gödselmedel hamnar i diken vid spridningsarbetet.
- Sprid gödselmedel endast under den snöfria tiden. Askbaserade gödselmedel och träaska kan spridas också under vintern. Den rätta spridningstidpunkten för urea är sensommar och höst.
- På torvmarker används inte gödselmedel som innehåller vattenlöslig fosfor.
- Använd bara sådana askgödselmedel som uppfyller de gränsvärden för tungmetaller som nämns i gödselförordningen.
- I samband med skötsel av torvmarksskogar är det bra att inom samma projekt först utföra avverkningarna, därefter gödsla och till sist vid behov utföra istandsättningsdikning.
- Övervaka kvaliteten av spridningsarbetet genom att mäta hur jämnt gödselmedlet sprids.

## **Minneslista över miljökrav vid gödsling**

- Gödsla bara enligt konstaterat behov hos trädbeståndet. Var noggrann vid val av gödslingsobjekt.

Vid gödsling på torvmarker, använd endast gödsel- och markförbättringsmedel som rekommenderas för torvmarker.

- Med undantag för aska, sprid gödselmedel endast då marken inte är frusen. Gödselmedel som innehåller nitratkväve sprids på vårvintern.
- Övervaka hur jämnt och exakt gödselmedlet sprids. Det rekommenderas att vid övervakningen använda sig av mättrattar och vägningsmetoden.
- Gödsla före istandsättningsdikning.

Dessutom vid spridning från luften:

- Sprid i riktning med diken, med beaktande av sidvind.
- Sprid vid lugnt väder. Sidvinden skall tas i beaktande speciellt då man sprider i riktning med diken.

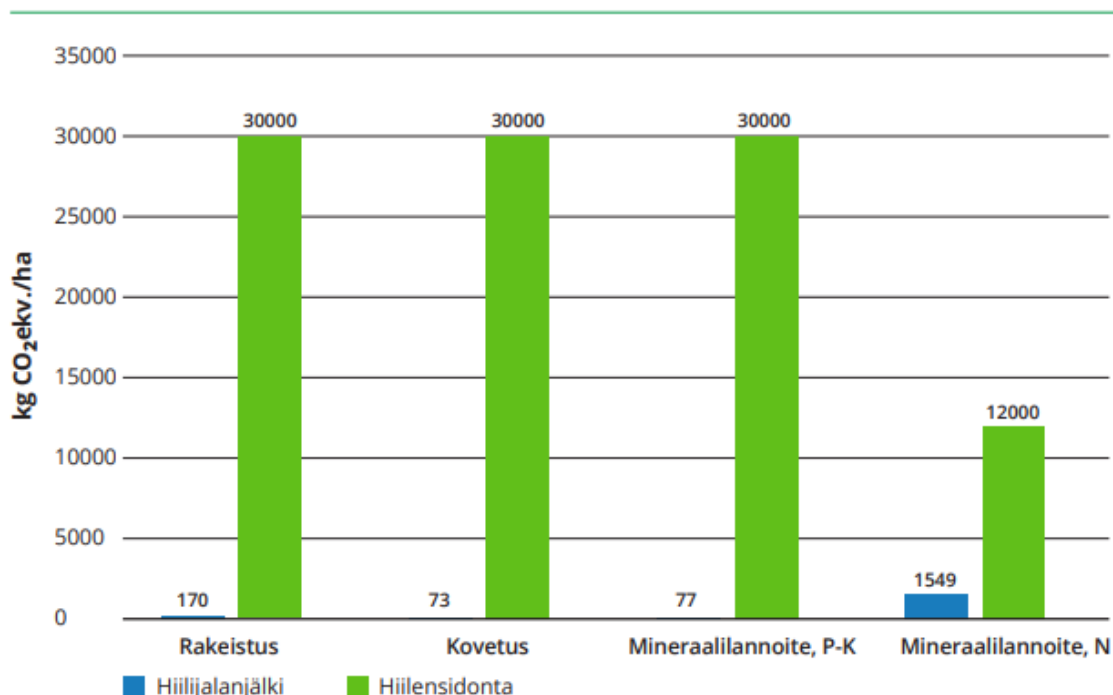
## Gödsling på torvmarker - Bromsa klimatförändringen

Med gödsling av torvmarker förbättrar man tillväxten hos bestånd som lider av näringsobalans. Trädbeståndet reagerar på gödslingen genom att öka barmängden, varvid fotosyntesen ökar och beståndets tillväxt förbättras samtidigt som mera vatten avdunstar från beståndet, vilket leder till ett minskat behov av istandsättningsdikning. På torvmarkerna är effekterna av gödsling på bromsandet av klimatförändringen inte entydiga.

## Effekter på kolförrådet i bestånd och träprodukter

Gödsling ökar trädens tillväxt och kolbindning.<sup>[20]</sup> Med askgödsling på torvmarker kan man långvarigt öka beståndets tillväxt med 1–3 m<sup>3</sup> per hektar och år under en tidsperiod på 20–30 år.<sup>[21]</sup> I gödslingsförsök har man kunnat höja tillväxtnivån med en faktor på 1,3–9 under en tidsperiod på 25–50 år<sup>[22]</sup>.

Det sammanslagna koldioxidavtrycket från produktion, transport och spridning av gödselmedel är klart mindre än den kolmängd som binds i biomassa ovan jord, dvs i trädbeståndet. I nedanstående kalkyl har man emellertid inte beaktat kolbalansen i marken. Speciellt på torvmarker kan gödslingen minska markens kolsänka.<sup>[23]</sup>



Utsläppen av växthusgaser från produktion och spridning av gödsel under hela livscykeln är små jämfört med den ökning av kolbindningen som en gödsling på torvmark eller mineraljord leder till. Granulering

och Härdning (askgödsling 3500 kg/ha) och Mineralgödsel, P-K (t.ex. tidigare Suometsän Y1 600kg/ha) är gödslingar på torvmark, där verkningstiden är över 20 år. Mineralgödsel, N (kväve 150 kg/ha) är en gödsling av mineraljord, där verkningstiden är kortare än hos askgödsling ca 8 år. I de kalkyler som bilden baserar sig på har man inte beaktat kolbalansen i marken. Källa: VaMeLa-projektet

## Effekter på utvecklingen av markens kolförråd

På torvmarker befinner sig det största kolförrådet i marken, d.v.s. i torven. Ju djupare torvtäcke, desto större mängd kol. Dikning av torvmarker och den sänkning av vattennivån som dikningen har lett till har försnabbat nedbrytningen av torv.

Dikning leder till att biomassaproduktionen ovan jord och förnanedfallet ökar, vilket medför att det tillförs mera organiskt material till marken. Gödsling kan försnabba nedbrytningen av torv i och med att det växtligare trädbeståndet avdunstar mera vatten, vilket leder till att torvlagret torrläggs djupare än tidigare.

I gödslingsförsök har man fått varierande resultat som gäller nedbrytning av kolförrådet i torvmarkernas jordmån. Detta kan möjligen bero mera på variationer i vattennivån än på gödslingens inverkan. I pågående forskning utreder man olika faktorerers inverkan på torvmarkernas kolbalans.

På torvmarker är emellertid den tillväxtökning som gödslingen leder till större än markens koldioxidutsläpp på kort sikt. Detta pekar på att gödslingen har en bromsande effekt på klimatförändringen, åtminstone på kort sikt (decennier).<sup>[24]</sup>

## Växthusgaser

På torvmarker används kvävefria gödselmedel och man har inte observerat att gödsling skulle ge upphov till utsläpp av kväveoxidul. Eftersom askgödsling sänker vattennivån i torven, leder den i allmänhet till en minskning av metanutsläppen. Å andra sidan har man ofta noterat att koldioxidutsläpp som beror på nedbrytning av torven har ökat.<sup>[24]</sup>

# Toteutus

## Val av gödslingsobjekt på torvmark



Ett ungt tallbestånd efter askgödsling. Tillväxten har ökat betydligt och effekten varar i decennier. Bild: © Pentti Väisänen.

Näringstillgången på dikade torvmarker avviker från den på mineraljordar. Det är här vanligare med näringsobalans som begränsar tillväxten. På torvmarker är det främst brist på fosfor och kalium och på spårämnet bor som begränsar tillväxten. På torvmarker varierar tillgången på kväve mycket till och med inom samma område.

## Val av gödslingsobjekt på torvmark

På grund av att det på torvmarker allmänt förekommer näringsobalans kan man med askgödsling öka trädbeståndets tillväxt och kolbindning. Gödsling av torvmarker kan göras i alla trädbeståndets utvecklingsskeden.

Näringsobalans är vanligt speciellt på blåbärs- och lingontorvmoar av typ II där torvtäcket är djupt och ibland också på örttorvmoar med djupt torvtäcke. På objekt med tunt torvtäcke kan näringsobalans förekomma, om bottenjorden under torven är grov.

Vitaliseringsgödsling lönar sig också på ristorvmoar.

- **Torvmoar med djupt torvtäcke**, som före dikning varit öppna eller glest trädbevuxna torvmarker, har bra förutsättningar för askgödsling.
- **Torvmoar med tunt torvtäcke** motsvarar närmast mineraljordar, eftersom trädens rötter når ner till bottenjorden. På objekt med tunt torvtäcke kan det emellertid förekomma brist på kalium.
- **Objekt som tidigare gödslats** kan ha behov av att gödslas på nytt för att säkerställa tillgången till näringsämnen. Till exempel kan brist på kalium börja begränsa trädets tillväxt då 20–30 år förlutit sedan gödslingen, speciellt på torvmoar som utvecklats från öppna torvmarker eller från torvmarker av blandtyp.

örutsättningar för gödsling av torvmarker och andra faktorer att beakta

|                             |                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Huvudträds­slag</b>      | Tall, Gran                                                                                                                                                       |
| <b>Ståndortstyp</b>         | Ötmo, Bltmo, Litmo, Rtmo, speciellt de av typ II                                                                                                                 |
| <b>Torvtäckets djup</b>     | Tjockt torvtäcke >30 cm                                                                                                                                          |
| <b>Utvecklings­klass</b>    | Bestånd från yngre plantbestånd <sup>1</sup> till grövre gallringsbestånd. Också underväxt som bevaras kan behöva gödsling.                                      |
| <b>Trädbestånd</b>          | Yngre eller äldre plantskog: stamantal för utvecklingsdugligt plantbestånd enligt rekommendationen. Klenare eller grövre gallringsskog: >70 m <sup>3</sup> /ha   |
| <b>Dikessystemets skick</b> | Bra – försvarlig. Minimidikesdjup >30 cm. En försvagad kondition hos dikessystemet utgör inget hinder om det finns ett tillräckligt trädbestånd för avdunstning. |
| <b>Beståndets kvalitet</b>  | Andra faktorer som minskar kvaliteten förutom näringsstörningar skall inte förekomma. Nödvändig plantskogsvård och gallring görs före gödsling.                  |

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Andra faktorer att beakta</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- synliga näringsstörningar</li> <li>- torvens humifieringsgrad/kvävehalt</li> <li>- storlek på gödslingsområdet</li> <li>- avstånd till tillgängliga lagerplatser för gödselmedel</li> <li>- avverkningsmöjligheter i beståndet</li> <li>- behov av istandsättning av diken</li> <li>- läge i förhållande till grundvattenområden</li> <li>- vattendrag och skyddszoner för vattenvård</li> <li>- ursprunglig torvmarkstyp före dikning</li> <li>- stöd villkor enligt incitamentssystemet för skogsbruk: ansökan görs före gödsling</li> <li>- på objekt med djupt torvtäcke kan gödsling bli aktuell vid den andra trädgenerationen, även om den första har vuxit utan problem</li> </ul> |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

1 Plantbeståndet skall vara utvecklingsdugligt, höjd minst 0,7 m och slyröjning och gräsbekämpning gjord.

### **Tillräckligt bra skick på dikessystemet, trädbeståndets mängd och kvalitet**

Trädbeståndet och dikessystemets skick skall utvärderas före gödsling. Enligt dagens kunskap räcker ett trädbestånd på över 70 m<sup>3</sup>/ha till för att upprätthålla en vattennivå som möjliggör en bra tillväxt hos trädbeståndet tillsammans med mer än 30 cm djupa diken som redan kan ha vuxit något igen. Om diken är grundare än 30 cm krävs ett bestånd på ca 130 m<sup>3</sup>/ha. På torvmarker med bra tillgång till kväve förstärks ett kronskikt som förtvinar på grund av brist på kalium eller fosfor på fem år så att dess förmåga att avdunsta är betydligt bättre än före gödslingen.

Beståndet utnyttjar gödslingen effektivare om det finns tillräckligt med utrymme för tillväxt. Därför är det viktigt att ett övertätt bestånd gallras före gödsling. Beståndet skall vara av tillräckligt bra kvalitet, lämpligt för ståndorten och i allmänhet utvecklingsdugligt, med beaktande av att beståndets skick förbättras då näringsstörningen korrigeras. Också på torvmarker kan gödsling leda till en något höjd risk för storm- och snöskador. Detta är dock inte av så stor betydelse att det vore skäl att till exempel undvika spridning av gödselmedel från marken genom att dra nytta av färska körstråk.

På torvmarker med bra kvävetillgång är effekten av gödsling med kalium och fosfor betydligt långvarigare jämfört med kvävegödsling på mineraljord. Verkningstiden varierar beroende på näringstillstånd, typ av gödselmedel och mängden näring som spritts ut. Verkningstiden bestäms ofta av hur bra kaliumet räcker till och det är därför bra att fästa

uppmärksamhet vid mängden kalium. Verknings tiden är längre än exempelvis på mineraljordar, varför ålder eller utvecklingsklass hos det bestånd som gödslas inte är viktiga kriterier. Gödslingsområdet kan innehålla bestånd av mycket varierande storlek och ålder, allt från plantbestånd till grövre gallringsbestånd. Mest lämpade objekt för gödsling är barrträdsdominerade bestånd av god kvalitet med en tillräcklig mängd utvecklingsdugliga träd.<sup>[25]</sup>

### Gödslingsobjekt på torvmark

| Objekt som ger den bästa avkastningen                                                                                                                                                                                                                                                                  | Andra objekt som lämpar sig för gödsling:                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Barrträdsdominerade torvmoar, som efter dikning utvecklats från torvmarker med djupt torvtäcke, där torven i ytskiktet redan vid 10–20 cm:s djup är mörk, högt humifierad och har en hög kvävehalt. Fosfor-kalium-borgödsling.                                                                         | Åkrar som skall beskogas och tidigare beskogade åkrar<br><br>- med djupt torvtäcke. Kalium-borgödsling, vid behov också fosfor.<br><br>- med grunt torvtäcke. Borgödsling vid behov.                                                                                                                                                      |
| Tidigare PK-gödslade torvmoar, som efter dikning utvecklats från torvmarker med djupt torvtäcke, där torven i ytskiktet på ett djup av 5–15 cm är mörk och höghumifierad. Ny gödsling efter 20–25 år med kalium och bor säkerställer en bra avkastning hos beståndet fram till slutet av omloppstiden. | Tallbestånd av god kvalitet på torvmarker med grunt torvtäcke ca 10 år före förnyelseavverkning. Kvävegödsling.<br><br>Ristorvmoar med djupt torvtäcke som utvecklats från öppna torvmarker, om det under ytskiktet finns nöjaktigt humifierad torv med tillräckligt bra kvävehalt. Askgödsling ger en tillfredsställande tillväxtökning. |

### Gödsling i samband med beskogning av torvjord

Vid beskogning av tidigare odlingsmark på torvjord bör man komma ihåg att åkrarna har gödslats upprepade gånger, vilket har gjort att där finns en näringsreserv till skillnad från motsvarande ståndorter på skogsmark. Förhållandet mellan de olika näringsämnena kan ändå vara ofördelaktigt med tanke på trädens tillväxt. Det är vanligt med näringsobalans speciellt på torvjordar. På odlingsmark på torvjord är det vanligen ont om bor med tanke på trädens behov, vilket innebär att gödsling med bor är nödvändigt för att undvika tillväxtstörningar.<sup>[26]</sup>

Nedlagda torvtäkter som ska beskogas kräver gödsling för att korrigera näringsbalansen. Ett undantag utgörs av sådana torvtäkter där botten består av finkornig mineraljord och det återstående torvtäcket är så tunt att man når mineraljorden i samband med markberedningen. Där kan markberedningen åtminstone till en del ersätta gödsling.

Träaska lämpar sig för gödsling av nedlagda torvtäkter som beskogas. Objekt med djupt torvtäcke skall alltid gödglas och kompletteringsgödsling kan också vara nödvändig i ett senare skede. [\[27\]](#)



Beståndet på den här dikade öppna mossen hade inte börjat växa ordentligt på grund av brist på kalium och fosfor trots att det förflutit 40 år sedan dikningen. En askgödsling som utfördes för 11 år sedan ledde emellertid till en kraftig tillväxt i tallbeståndet. Dessutom har det kommit upp utvecklingsduglig granunderväxt på naturlig väg på det gödslade området. Bilden från Ristijärvi. Bild: © Pentti Väisänen.

## Kontrollera näringstillståndet före gödsling



Prover för barranalys tas genom att samla in årsskott på trädets södra sida, helst från de översta kvistvarven, men alltid från den översta fjärdedelen av kronan och från ca sex träd. I torvmarksskog tas proven utanför dikenas kantzon och det område som påverkats av dikesmassor, i tegens centrala del. Tidpunkten för provtagningen sammanfaller med trädens viloperiod från slutet av oktober till slutet av mars. Provet sätts i en papperspåse och hanteras med hanskar. Bild: © Jorma Issakainen.

Näringstillståndet i marken kan bedömas okulärt baserat på ståndortens bördighet, trädens yttre kännetecken och skogsbrukshistoriken. På torvmarker inverkar också torvens tjocklek och humifieringsgrad på näringstillståndet. Det är förhållandevis lätt att identifiera bristsymptom genom att studera hur träden växer, och på torvmarker är det inte heller svårt att undersöka marken. Det är viktigt att kunna skilja torvmoar med tunt torvtäcke från

dem med tjockt torvtäcke, eftersom näringsbehovet skiljer sig mellan dem.

## Utredning av näringsobalansen

Man kan uppskatta markens näringstillstånd okulärt med hjälp av synliga bristsymptom i trädbeståndet och på basis av torvlagrets djup och humifieringsgrad. Det är viktigt att kunna skilja torvmoar med tunt torvtäcke (<30 cm) från torvmoar med tjockt torvtäcke (>30 cm), eftersom näringsämnenas tillgång från trädens synpunkt skiljer sig mellan dessa. Torvtäckets djup kan uppskattas okulärt vid dikeskanterna eller mätas med en för ändamålet lämplig torvsond eller metallstång. Metallstången kan vara till exempel en 1-1,5 m lång bit av kamstål.

Om objektet har ett tunt torvtäcke, d.v.s. grundare än 30 cm, får träden kalium och fosfor från bottenjorden och tillväxten begränsas sannolikt av en knapp tillgång på kväve. Det kan emellertid förekomma näringsobalans på objekt med tunt torvtäcke om bottenjorden är grovkornig. Sannolikheten för näringsobalans ökar när torvdjupet överstiger 40 cm. Också dikningsområdets ursprungliga torvmarkstyp, eventuella tidigare avverkningar och tidigare PK-gödslingar inverkar på näringstillståndet.



Brist på kalium kan observeras på sensommaren. Fjölårets barr är då gröngula eller helt gula, medan

årsskotten och oftast också barr från över ett år gamla årgångar bibehåller sin gröna färg. Allvarlig kaliumbrist hos gran kan leda till att tillväxtpunkterna förstörs, vilket leder till flera toppskott och i extrema fall till att trädet dör. Bild: © Päivi Väänänen, Naturresursinstitutet.

## Identifiera näringsbrist

Då man uppskattar gödslingsbehovet är det skäl att först utvärdera synliga bristsymptom i trädkronorna. Lindrig näringsbrist ger inte alltid synliga symptom hos träden, men allvarlig brist leder till synliga symptom. Allvarlig brist har redan hunnit minska tillväxten eller orsaka tillväxtstörningar. Typiska bristsymptom av kalium, fosfor och bor beskrivs nedan. En grundligare utredning av näringstillståndet kan göras med hjälp av mark- eller barranalys. Barranalys är en noggrannare metod och rekommenderas i första hand. På torvmarker är markanalys användningsbar eftersom provtagningen kan göras också under växtperioden i samband med planering i fält.

Det är skäl att låta göra en näringsanalys vid istandsättningsdikning och avverkning på objekt som lider av näringsobalans innan arbetena inleds. När behovet av tilläggsnäring fastställts väljer man sedan gödselmedel, gödselmängd och spridningmetod utgående från resultatet. Analysen är särskilt viktig när man ska välja gödslingsmetod på objekt med otydliga tecken på tillväxtstörningar, vid beskogning av åkrar och på torvjordar med tjockt torvtäcke.

## Identifiering av de vanligaste symptomen på näringsbrist på torvjordar utgående från trädens utseende

### Fosforbrist:

- tallarna har en svag höjdtillväxt
- årsskotten är klenta, delvis krokiga och verkar bara, barken på kvistarna påminner om skinnet på en plockad höna på grund av att barren fallit av i förtid.
- barren är korta och barrårgångarna få, i extrema fall finns bara den nyaste barrårgången kvar.
- köldtåligheten minskar vilket gör att barrspetsarna kan vara bruna
- i extrema fall och i kombination med kaliumbrist kan terminalknopparna dö, vilket leder till att stammen kan börja förgrena sig.

### **Kaliumbrist:**

- på sensommaren blir granunderväxtens fjolårsskott gulgröna eller gula. Barren på det nyaste årsskottet och vanligen också barr som är äldre än ett år förblir gröna.
- hos gran kan tillväxtpunkterna dö vilket leder till flerstammighet, och i extrema fall kan granarna till och med dö inom några år.
- på sensommaren blir barrspetsarna på fjolårsbarren gulaktiga eller bruna eller så kan årets barr gulna i spetsarna.
- hos tall ser man symptom på kaliumbrist först när bristen redan är akut.

### **Borbrist:**

- trädens tillväxtpunkter och terminalknoppar dör och de blir grövre och krokigare
- trädtopparna förgrenar sig och kronorna blir buskartade (symptomen förekommer hos tall, gran och björk)
- trädens höjdtillväxt stagnerar som en följd av föregående



Hos tallar som drabbats av fosforbrist blir barren korta och träden har bara 1-2 barråtgångar. Bild: © Jorma Issakainen.



Fosforbrist syns hos tallen på bilden som en utglesning av barrskruden eftersom bara 1–2 barrårgångar finns kvar. Bild: © Tatu Viitasaari.



Vid borbrist skadas knopparna hos toppskottet eller så dör de helt och hållet, vilket ofta leder till att stammen förgrenas och trädet blir buskartat. Bild: © Jorma Issakainen.



En gran som lider av borbrist är buskartad och höjdtillväxt saknas nästan helt på grund av att knopparna i toppskottet är skadade. Bild: © Varpu Kuutti.



Tydligast upptäcker man bristen på kalium hos granunderväxten. Bild: © Jorma Issakainen.



Tall med symptom på kaliumbrist. Bild: © Jorma Issakainen.

## Näringsanalys

Genom att analysera den nyaste årgången barr eller löv kan man fastställa näringstillståndet i trädbeståndet och eventuella brister på näringsämnen.

Provtagning, allmänt:

- proverna tas från de högsta kvistvarven på södra sidan av 5–10 träd i det härskande kronskiktet på varje figur
- på torvmarker tas inte prov från träd som växer nära diken
- i blandskogar tas proven från det trädslag som är mest intressant med tanke på näringsbrist
- endast ett trädslag per provpåse
- cirka två liter årsskott samlas in i en papperspåse
- årsskotten torkas i rumstemperatur i öppna papperspåsar. Möjliga prov ger inte tillförlitliga resultat
- påsarna märks med uppgifter om datum och plats för provtagningen, dvs. från vilken figur de är tagna
- bakgrundsuppgifter om skogen, inklusive dikningssituation, och beställning av önskat analyspaket bifogas provet.

Barrträd:

- mellan slutet av oktober och början av april när träden är i vila
- från kronans södra sida och övre tredjedel, så nära toppen som möjligt
- senaste sommars årsskott.

Lövträd:

- fullt utslagna löv i början av augusti
- från kronans övre delar, mittersta delen av årets tillväxt
- de äldsta och de yngsta löven tas inte med i provet.

## Bestämning av torvens kvävehalt

Torvens kvävehalt kan uppskattas på basis av dess humifieringsgrad och torvtypen. Ju mera humifierad torven är, desto mera innehåller den kväve.



Det är relativt lätt att bestämma yttorvens kvävehalt genom att göra ett kramprov i näven. Om torvprovet pressas ut mellan fingrarna när man klämmer det i handen finns det vanligen mer än tillräckligt av kväve i marken för trädens behov. Däremot kan det förekomma svår brist på kalium, och också brist på bor och fosfor, vilket kan begränsa trädens tillväxt. Bild: © Pentti Väisänen.

Torvens humifieringsgrad inverkar på näringssituationen. Torvens egenskaper bestäms av olika rester av växter och deras humifieringsgrad.

Torvens humifieringsgrad uppskattas genom att i näven krama ett prov som man har tagit i rotskiktet (ca 5–10 cm under råhumusen). Uppskattningen baserar sig på torvprovets utseende, elasticitet efter kramprovet och det vatten som sipprar fram mellan fingrarna då man kramar provet i näven.

Förmultningsgrader för torvjordar.

| Klass<br>1 | Förmultningsgrad | Provets egenskaper | Utseende | Näringstillstånd |
|------------|------------------|--------------------|----------|------------------|
|------------|------------------|--------------------|----------|------------------|

|      |                 |                                                                                                                                                  |                                                   |                                                                                              |
|------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-3  | Oförmultnad     | Det avgående vattnet är färglöst eller brunskiftande. Provet känns elastiskt, inte grötaktigt.                                                   | Identifierbara växtdelar.                         | I vitmosstorv är det brist på alla näringsämnen.                                             |
| 4-5  | Medelförmultnad | Det avgående vattnet är grumligt. Det kvarvarande provet är grötaktigt och vid kramning sipprar mindre än hälften av torven ut mellan fingrarna. | Växternas struktur kan i någon mån indentifieras. | Kvävetillståndet gott eller nöjaktigt, om torvtäcket är tjockt kan näringsobalans förekomma. |
| 6-10 | Högförmultnad   | Vid kramning sipprar över hälften av torven ut mellan fingrarna. Om vatten kan urskiljas är det vällingartat och mörkt.                          | Växternas struktur kan inte längre indentifieras. | Kvävetillståndet gott, om torvtäcket är tjockt är det vanligt med näringsobalans.            |

Turpeen maatuneisuuden arviointi.

<sup>1</sup>enligt von Posts skala för bedömning av humifieringsgrad

## En bra balans mellan näringsämnena säkrar en störningsfri tillväxt

Om balansen mellan näringsämnena är lämplig finns alla förutsättningar för en god tillväxt. Förhållandet mellan olika näringsämnen i barren ger en bild av näringsbalansen och påvisar vilket näringsämne som utgör den begränsande faktorn med tanke på trädens tillväxt. Om förhållandet mellan kväve och kalium (N/K) är ca 2,5-3,5 och mellan kväve och fosfor (N/P) ca 8-11, är makronäringsämnena i balans. Om N/K-förhållandet är över 3,5 så är det kalium som utgör minimifaktorn i förhållande till kvävet. Om N/P-förhållandet är över 11 så är det fosfor som utgör minimifaktorn i förhållande till kvävet. Tallen hushåller noggrant med näringen och uppnår stockdimensioner med mindre näringstillgång än granen.

Tolkning av barranalys på torvmarker.

|                                        | Tall                   |                      |                     | Gran                   |                      |                     |
|----------------------------------------|------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|----------------------|---------------------|
| Näringsinnehåll i barrens torrsubstans | Betydande näringsbrist | Nöjaktig näringsnivå | Optimal näringsnivå | Betydande näringsbrist | Nöjaktig näringsnivå | Optimal näringsnivå |
| Kväve, N g/kg                          | <12                    | 12-15                | 15-18               | <12                    | 12-15                | 15-19               |
| Fosfor, P g/kg                         | <1,3                   | 1,3-1,7              | 1,7-2,3             | <1,7                   | 1,7-2,3              | 2,3-3,5             |
| Kalium, K g/kg                         | <4,0                   | 4,0-5,0              | 5,0-6,0             | <5,0                   | 5,0-6,0              | 6,0-7,0             |
| Bor, B mg/kg                           | <7,0                   | 7,0-10,0             | 10-25               | <8,0                   | 8,0-12,0             | 12,0-30             |

Tolkning av resultat från barranalys i tall- och granbestånd på dikad torvmark.

De övre rubrikerna: de tre första tall, de tre sista gran.

## **Balansera upp näringssituationen i tid**

Även om barranalysen uppvisar bara en liten brist på bor eller kalium i förhållande till andra näringsämnen är det skäl att i tid utföra en gödsling som återställer näringsbalansen, gärna med viss framförhållning. Vid skogsförnyelse på torvjordar är det särskilt viktigt att i tid försäkra sig om att det nya beståndet har en tryggad näringstillgång. Om det finns ett behov, tillför man den näring som behövs. Om trädbeståndet som ska förnyas uppvisar tecken på näringsobalans, kan näringstillskott för följande generation ges redan i plantskogsstadiet, i samband med förnyelsen eller till och med medan det gamla beståndet ännu står kvar.

Att säkra det nya beståndets framtid på det här sättet görs bäst med hjälp av svårlösta och mycket långverkande askbaserade gödselmedel. I samband med förnyelsen går det bra att utföra gödslingen från marken och den lämpar sig väl som en del av ett skogsvårdsprojekt för ett torvmarksområde. På det här sättet undviker man att det i framtiden uppstår tillväxt- och kvalitetsförluster i beståndet. Då man tillför näringsämnen i samband med förnyelse leder det till att markvegetationen och lövslyet växer snabbare, vilket man bör beakta då man fattar beslut om förnyelsemetod och eventuell gödsling. Man kan få stöd för vitaliseringsgödsling enligt incitamentssystemet för skogsbruk. Det är skäl att gå igenom stödvillkoren vid gödsling av unga bestånd.

## Näringsämnes- och gödselgivor på torvmarker



Maskinell askgödsling i ett taldomenrat bestånd på torvmark. Bild: © Pentti Väisänen.

Vid gödsling tillförs rätta mängder näringsämnen genom att välja ett lämpligt gödselmedel och rätt mängd gödsel. Askgödsling passar på torvmoar med tjockt torvtäcke, som uppstått efter dikning av öppna torvmarker eller torvmarker med glest trädbestånd. Askgödsling korregerar brist på fosfor, kalium och spårämnen samt kalkar marken.

### Gödsling med aska

**Askbaserade gödselmedel för skog** är biobaserad aska, som uppkommer vid förbränning. Beroende på den biomassa som bränts kan askan innehålla varierande mängder av eftersträvat fosfor och kalium. Askan förbehandlas i allmänhet före den används som gödselmedel. Lagstiftningen om gödselmedel förpliktigar att ta reda på askans halter av näringsämnen och skadliga ämnen före den används som gödselmedel.

Man sprider en lämplig mängd askgödselmedel för att uppnå den eftersträvide mängden fosfor och kalium.

Lämplig gödselgiva vid askgödsling räknas ut baserat på näringsinnehållet i askan och hos gödslingsobjektet. För att uppnå en lång verkningstid (>20 år) eftersträvas 40–50 kg fosfor och minst 80 kg kalium per hektar. Då varierar mängden gödselmedel som tillförs mellan 3 000–8 000 kg per ha.

- Man kan försäkra sig om den verkliga näringssituationen på spridningsområdet med hjälp av barranalys.

Om gödselmedel används på ett ekocertifierat område, skall man meddela övervakningen av ekocertifikatet, varvid det gödslade området utesluts från ekoinsamlingsområdet för en tid av tre år. Ren träaska kan användas på ett ekoinsamlingsområde, varvid området kvarstår inom ekocertifieringen.

Eftersträvat näringstillskott vid gödsling av torvmarker samt exempel på olika typer av gödselmedel och rekommenderade givor.

| Gödslingsobjekt                                                  | Näringstillskott, kg/ha                                            | Gödselmedel, inom parentes förhållandena (%) mellan kväve, fosfor, kalium och bor (NPKB) | Gödselgiva, kg/ha |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Kväverika ört-, blåbärs- och torvmoar med tjockt torvtäcke       | P 40–50 <sup>1</sup>                                               | Cinis metsätuhka (0-1-3-0,02)                                                            | 4 000–6 000       |
|                                                                  | K 80–120                                                           | Horus metsätuhka (0-1,6-3,5-0,06)                                                        | 3 000–4 000       |
|                                                                  | B 1,5–2,0                                                          | Puutuhka (närlingsanalys av innehållet)                                                  | 3 000–8 000       |
| Kvävefattiga lingon- och ristorvmoar                             | N 100 <sup>3</sup><br>P 30–40 <sup>1</sup><br>K 60–90<br>B 1,0–1,5 | Nitro metsätuhka (4,7-1-2,8-0,06)                                                        | 2 000–3 000       |
| Beskogade torvåkrar                                              | P 30–40 <sup>1</sup><br>K 60–90<br>B 1,5–2,5                       | Horus metsätuhka (0-1,6-3,5-0,06)                                                        | 3 000–4 000       |
| Objekt med tunt torvtäcke (<30 cm) som inte behöver PK-tillskott | N 100 <sup>3</sup>                                                 | Metsäsalpietari (27-0-1-0,15)                                                            | 500–800           |
|                                                                  |                                                                    | Urea (46-0-0) <sup>2</sup>                                                               | 200–250           |
|                                                                  |                                                                    | Metsän NP (25-2-0-0,3)                                                                   | 500–800           |

rivit: lannoituskohde

sarakkeet: Gödselprodukterna och bruksanvisningen för dem baserar sig på tillverkarnas information.

<sup>1</sup>Fosfortillskott är inte alltid nödvändigt på tidigare gödslade objekt. Näringssituationen kan utredas genom en näringsanalys.

<sup>2</sup>Urean sprids i fuktig terräng från början av hösten fram till att snön faller.

<sup>3</sup>Verkningstiden för kvävegödsling är kort också på torvmoar, under tio år.

- Ekonomiskt sett är det motiverat att använda kväve i torvmarksskogar bara då det är fråga om torvmarker med tunt torvtäcke och på relativt karga objekt, där tillgång till kväve i första begränsar trädens tillväxt. Med hjälp av barranalyser bör man försäkra sig om att tillförsel av kväve är tillräckligt eller om det dessutom behövs fosfor och kalium. På objekt med tunt torvtäcke, där träden tar upp kalium och fosfor från bottenjorden behövs endast tillförsel av kväve. Gödslingen är bäst att utföra mot slutet av omloppstiden ungefär 10 år före slutavverkning. Gödselspridning sker då marken är snöfri.

## Spridning av gödselmedel



Gödselspridning med helikopter. Bild: © Pentti Väisänen.

Gödselmedel kan spridas från luften, i allmänhet med helikopter, eller från marken, då oftast med skogstraktor.

### Att ta i beaktande vid gödsling

Barrträdsdominerade objekt med djupt torvtäcke, från ristorvmoar till örttorvmoar och då speciellt torvmoar av typ II, är i allmänhet i behov av vitaliseringsgödsling senast under den andra trädgenerationen efter dikning. Man kan gödsla under vilket som helst tillväxtskede hos trädbeståndet.

Spridning från marken förutsätter körstråk och lyckas därför bäst omedelbart efter drivningen när marken vid körstråken frusit så att de bär maskiner på vintern.

Spridning från luften kan göras oberoende av såväl beståndets utvecklingsklass som årstiden. Avståndet till lagerplatsen där helikoptern fyller på gödselmedel skall vara tillräckligt litet, högst ca 2 km. För gödslingen behövs också en lämplig lagerplats för det

gödselmedel som skall användas. Vid askgödsling sprider man en betydligt större mängd gödselmedel än då man använder kemiska gödselmedel. Lagerplatsen skall då vara större. Om man använder ett askbaserat gödselmedel som levereras i lös form skall lagerplatsen också vara rätt så jämn och stenfri.

På ett istandsättningsdikningsobjekt är det bäst att gödsla efter drivning men före istandsättningsdikning.

Spridning av gödselmedel från marken är billigare än spridning från luften. Skillnaden är större vid spridning av askbaserade skogsgödselmedel, där hektargivan (kg/ha) kan vara 5–10 gånger större jämfört med kemiska gödselmedel.



Man kan spara in på spridningskostnaderna vid helikopterspridning genom att se till att flygsträckan blir kort och genom en bra planering av gödsellagret, landningsplatsen och lastningsarrangemangen. Bild: © Pentti Väisänen.



Askgödsling som markspredning lönar sig att göra genast efter avverkning, då bärigheten hos körstråken i allmänhet är bra. Bild: © Tatu Viitasaari.

## **Fördelar och nackdelar med spridning av gödselmedel från luften eller marken,**

### **Spridning från marken** (helikopter eller flygplan)

- + gödslingen kan utföras under olika årstider, markens bärighet påverkar inte spridningen
- + tidpunkten för spridningen är inte bunden till avverkningar eller körstråk
- + enskilda figurer som ligger långt från väg kan lättare tas med
- + gödseln sprids jämnt och hela området blir gödslat
- det sammanlagda området som gödslas måste vara rätt stort, vanligen krävs ett samprojekt

### **Spridning från marken** (spridningsanordning monterad på en skogstraktor eller liknande)

- + det är lättare att genomföra mindre gödslingsprojekt

- + tillgången till spridningsutrustning är god
- gödslingsobjektet bör ha ett färdigt körstråksnät
- marken måste bära skogstraktorn tillräckligt bra, spridningssäsongen blir kort
- jämnheten i spridningen är nöjaktig då spridningen utförs från körstråk, mellan körstråken kan det bli stråk som inte får någon gödsel.

Också under de bästa förutsättningarna kan under hälften av gödslingarna på torvmarker göras som markspridning från skotare.

## **Skogscertifieringens krav vid åtgärder på grundvattenområden (FSC och PEFC)**

Skogscertifieringen (FSC och PEFC) ställer krav på hur åtgärder utförs på skyddszoner på grundvattenområden.

### **FSC-certifieringen**

Organisationen säkerställer att kvaliteten på grundvatten bevaras genom att inte utföra istandsättnings- och kompletteringsdikningar, bekämpningsåtgärder med kemiska bekämpningsmedel (gäller inte bekämpning av rotröta med urea), stubbrytning och hyggesbränning på grundvattenområden av klass 1 och 2. På grundvattenområden kan hyggesbränning utföras med tillstånd av miljömyndigheterna.

Organisationen använder inte kvävehaltiga gödselmedel på grundvattenområden av klass i 1 eller 2.

Det är tillåtet att lagra drivmedel på grundvattenområden bara i sådana kärl som har erforderligt typgodkännande och som är låsbara för att förhindra stöld och skadegörelse. De skall också vara utrustade med avrinningsbehållare för att behärska läckage, mantel eller dubbel botten. Tillfällig lagring av smörjmedel i vätskeform är tillåtet på ett sätt som skyddar mot skadegörelse.

### **PEFC-certifieringen**

PEFC förutsätter att grundvattnets kvalitet tryggas i samband med skogsbruksåtgärder. På grundvattenområden som är viktiga för vattenförsörjning (klasserna 1, 1E) eller kan vara lämpliga för vattenförsörjning (klasserna 2 och 2E) används inte kemiska växtskyddsmedel och gödsling och stubbrytning görs inte. På torvmarker är gödsling med aska tillåten, såvida grundvattnets kvalitet inte äventyras. På grundvattenområden av klass E är gödsling tillåtet, ifall detta inte äventyrar det vatten- eller markekosystem som är beroende av grundvattnet och som är grunden för E-klassificeringen. Som användning av kemiska växtskyddsmedel räknas här inte användning av plantor som skyddats mot snytbaggeangrepp och inte heller användning av stubbehandlingsmedel, så länge behandlingen utförs inom ramen för de anvisningar och begränsningar som Säkerhets- och kemikalieverket fastställt.

## **Skogscertifieringens krav vid åtgärder på skyddszoner vid vattendrag (FSC och PEFC)**

Skogscertifieringen (FSC och PEFC) ställer vissa krav på hur åtgärder utförs på skyddszoner vid vattendrag.

### **FSC-certifieringen**

FSC-standarderna förutsätter alltid skyddszoner vid drivning och skogsvårdsåtgärder. Bredden på skyddszonen mot vattendrag och småvatten fastställs från fall till fall på basis av terrängformationer och jordarten. Skyddszonen består av en zon som lämnas helt utanför skogsbruksåtgärder och/eller en zon som sköts så att skogstäcket bevaras.

- Skyddszonens bredd är minst 10 meter vid alla sjöar och tjärnar
- Skyddszonens bredd är minst 15 meter vid åar och havsstränder .
- Skyddszonens bredd är minst 30 meter vid flador och glosjöar.
- Skyddszoner lämnas utanför all behandling i skogsbruket. Dessutom lämnar man i kanten av figurer som skyddszonerna angränsar till trädbestånd som är klenare än gagnvirke och i mån av möjlighet också lövträd av större dimensioner.

Minimibredden vid gödning varierar enligt vattendrag/småvatten och spridningsmetoden för gödselmedlet.

Enligt FSC skall dessutom vissa skilt definierade värdefulla livsmiljöer och för artskyddet särskilt viktiga objekt lämnas utanför åtgärder. Endast åtgärder som gynnar skyddsmålen är möjliga. Till dessa objekt hör bland annat:

- Åar och bäckar där fåran är i naturtillstånd eller i ett tillstånd som påminner om naturtillstånd och bäckar där det efter en tidigare behandling fortfarande förekommer en naturligt slingrande fåra och variationer i vattnets tryck samt källor; alla dessa inklusive strandområden. På dessa objekt lämnas minst en 20 meter bred obehandlad skyddszon och en cirka 10 meter bred skyddszon som behandlas så att den förblir skogtäckt.
- Skogar som gränsar till vattendrag och småvatten, som till dimensionerna motsvarar minst grövre gallringsbestånd, är olikåldriga och innehåller en urskiljbar mängd död ved (minst 5 m<sup>3</sup>/ha). Hit räknas inte skogar som gränsar till kanaler eller konstgjorda

vattenbassänger. På dessa objekt lämnas en minst 30 meter bred obehandlad skyddszon, som inkluderar det egentliga objektet.

- Flador och glosjöar i naturtillstånd eller ett tillstånd som påminner om naturtillstånd med strandområden.

## **PEFC™-certifieringen**

PEFC-certifieringen kräver att vattenskyddet och naturvården beaktas vid åtgärder i närheten av vattendrag och småvatten. Längs vattendrag och källor lämnar man en skyddszon som skyddar dem från partikel- och näringsämnesbelastning samt uppehåller beskuggningen och mångfalden. Vegetationens naturliga skiktning ska bevaras. Skyddszonens bredd är i medeltal minst 10 m, men skall ingenstans understiga 5 m. Inom skyddszonen får man göra endast plockhuggning, där man mångsidigt bevarar träd av olika storlek och främjar förekomsten av lövträd.

Inom skyddszonen får man inte utföra markberedning, gödsling, stubbrytning, röjning av buskskiktet och inte heller kemisk bekämpning med växtskyddsmedel. Man ska också undvika att lämna kvar kvistmassa.

Skyddszonen invid dikeslika, uträtade och rensade bäckar, där fåran är under 2 m, är minst 5 m bred. Stamvirke får avlägsnas från dessa skyddszoner. Dessa undantag gäller inte fåror, där det finns ett för Finland naturligt bestånd av laxfisk.

## Tryggande av vattenkvaliteten vid gödsling

Gödsling kan medföra att näringsämnen urlakas och kommer ut i vattendrag eller i grundvattnet. På mineraljordar finns det dessutom risk för markförsurning. Med noggrann planering och väl utfört arbete går det att minimera de negativa effekterna på miljön. Det förutsätter att man väljer rätt gödslingsobjekt, gödselmedel och spridningsmetod.

## Risk för urlakning genast efter gödslingen

Risken för urlakning vid kvävegödsling är störst de första två åren efter gödslingen. Av näringsämnena är fosfor det som mest påverkar övergödningen av vattendragen. På mineraljordar ökar fosforgödselmedel vanligtvis inte fosforbelastningen i vattendrag, eftersom fosfatet binds i marken på kemisk väg.

På torvmark är det speciellt viktigt att rikta in gödslingen på sådana objekt som ger den största tillväxtökningen, av såväl ekonomiska som miljövårdsskäl. Gödsling med fosfor och kalium är särskilt lönsam på kväverika torvmarker, och risken för att näringsämnen urlakas i vattendragen eller grundvattnet är relativt låg.

Fosfor och kväve anses vara de näringsämnena som är mest skadliga för vattendragen. På torvmarker ska man använda apatit- och askbaserade gödselmedel som löser sig långsamt, samt träaska, för att undvika urlakning av fosfor. Läckage av näringsämnena i vattendragen i samband med istandsättningsdikning förhindras bäst genom att man använder vattenvårdsmetoder som baserar sig på översilning.

Aska som används vid askgödsling bör vara försedd med en sådan varudeklaration som förutsätts i förordningen om gödsling. Därigenom kan man försäkra sig om att askan uppfyller gränsvärdena för tungmetaller. Det är viktigt att känna till halterna av näringsämnena och tungmetaller före spridningen också för att kunna fastställa den rätta spridningsmängden.

## Gödsla inte överallt

Av miljöskäl lämpar sig följande objekt inte för gödsling:

- Skyddszoner intill vattendrag och småvatten. Bredden på skyddszonen beror av terrängens lutning och jordarten. Utnyttja kartor över fuktighetsindex och flödesnätverk för att hitta ställen där gödsling ska undvikas.

Grundvattenområden klass 1, 1E, 2, 2E och E. Om det ändå krävs en gödsling för att korrigera näringsbalansen, bör man skilt utvärdera effekterna på grundvattnet. Vid behov ska man kontakta NTM-centralen för att ta reda på om man kan utföra gödsling.

- Näringsfattiga torvmarker som kräver kväve och vars torv är fattig på järn och aluminium. Torvmarker med dåligt nedbruten vitmosstorv är fattig på järn och aluminium vilket gör att dess förmåga att binda fosfor är dålig och risken för urlakning av fosfor är stor.
- Karga mineraljordar med sorterade jordarter som är mycket vattengenomsläppliga.
- Kantzoner mellan torvmark och momark.

#### Andra miljökrav vid gödsling

- Gödsla utgående från trädbeståndets verkliga behov, utför vid behov en näringsanalys.
- Sprid inte gödselmedel i vattendrag, småvatten eller värdefulla livsmiljöer
- Låt inte gödselmedel hamna i diken vid gödselspridningen.
- Gödsla enbart under barmarkstid. Askbaserade gödselmedel och träaska kan spridas också på vintern. Den lämpligaste tidpunkten för gödsling med urea är sensommaren eller hösten.
- Använd inte gödselmedel som innehåller vattenlöslig fosfor på torvmarker
- Använd endast sådana askbaserade gödselmedel som uppfyller de gränsvärden för tungmetaller som anges i förordningen om gödsling
- Utför först avverkningarna, sedan gödslingen och till sist en eventuell istandsättningsdikning i samband med skötsel av torvmarker.
- Övervaka gödselspridningen och kontrollera att spridningen blir jämn.

#### Minneslista gällande miljökraven vid gödsling

- Välj gödslingsobjekt med omsorg och gödsla utgående från trädbeståndets verkliga behov.
- Använd på torvmarker bara sådana gödsel- och markförbättringsmedel som lämpar

sig för gödsling av torvmark.

- Gödsla endast under barmarksperioden, med undantag av askgödsling. Gödselmedel som innehåller nitratkväve bör spridas under försommaren.
- Övervaka att spridningen utförs noggrant och att gödseln får en jämn spridning. Utför helst övervakningen med hjälp av provtagningstrattar och väg sedan proven.
- Gödsla före istandsättningsdikning.

Att tänka på vid spridning från flyg:

- Utför spridningen i dikenas riktning och beakta sidovinden.
- Undvik att sprida gödsel vid hård vind. Det är särskilt viktigt att beakta sidovinden då spridningen utförs i dikenas riktning.

## Synpunkter på klimatanpassning vid gödsling

En korrekt utförd gödsling ändrar inte nämnvärt skogens och trädbeståndets övriga egenskaper förutom att den ökar tillväxten. Därigenom påverkar gödslingen inte nämnvärt anpassningen till klimatförändringen.

Efter gödsling ökar trädens barmassa och diametern ökar i den övre delen av stammen, vilket kan öka risken för vind- och snöskador<sup>[20]</sup>. Gödslingen kan främja spidning av svampinfektioner, såsom rotticka, i beståndet<sup>[28]</sup>. Det finns ännu bara begränsat med forskningsresultat om nyttan med gödsling med tanke på ökande av beståndets motståndskraft mot biotiska och abiotiska skadeorsakare<sup>[10]</sup>.

När temperaturerna ökar genom klimatförändringen tar rötterna effektivare upp näringsämnen, speciellt kväve<sup>[29]</sup>. Torkan begränsar upptagandet av fosfor från jordmånen mer än vad temperaturen och marken som omväxlande fryser och tinar ökar mängden tillgängligt fosfor i marken. Klimatuppvärmningen, ökande torka och kvävenedfallet kan således samverka till att mängden tillgängligt kväve ökar i förhållande till mängden tillgängligt fosfor. Å andra sidan behövs det mera av samtliga näringsämnen för att upprätthålla växternas och andra organismers nödvändiga näringshalter då tillväxten ökar.<sup>[10]</sup>

# Sanasto

## Kolsänka



Bild: © Erkki Oksanen/Luke.

Skogen fungerar som en kolsänka så länge den mängd kol som binds i trädbeståndet och marken överstiger den mängd som frigörs. Under sådana förhållanden ökar kolförrådet i skogen. Kol binds i skogen genom fotosyntesen, samtidigt som kol frigörs i samband med nedbrytning av organiskt material och genom markandningen. Om mängden kol som frigörs är större än den som binds utgör skogen en kolkälla. Skogen och träprodukterna utgör tillsammans en kolsänka om deras sammanräknade kolförråd växer, och en kolkälla om kolförrådet minskar.

## Kolförråd



Det organiska jordskiktet på torvjordar utgör ett stort kolförråd. Bild: © Markku Saarinen.

Kol som ingår i ett ekosystem eller en del av det. Kolförrådet i en skog består av det kol som finns bundet till död och levande biomassa ovanför och i marken. Träd, övrig växtlighet, markorganismer inkluderande mikrober, död ved och förna utgör alla kolförråd. Det förekommer också kol i kolhaltiga föreningar i skogsmarken. Inte bara skog, utan också träprodukter betraktas som kolförråd. Den årliga förändringen i ett kolförråd kallas kolbalans.

## Skogsgödsling

Tillväxten i ett välväxande bestånd kan ytterligare höjas genom skogsgödsling. På mineraljordar är det vanligen brist på kväve som begränsar trädens tillväxt. I barrträdsdominerade bestånd ger gödsling med kväve och fosfor bäst resultat. På dikad torvmark är näringshushållningen annorlunda än på mineraljordar och det är där vanligare med näringsobalans som gör att träden växer sämre. På torvjordar är det i allmänhet bristen på fosfor, kalium och spårämnet bor som begränsar trädens tillväxt.

## Växthusgaser

De växthusgaser som har störst inverkan på uppvärmningen av klimatet är koldioxid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) och kväveoxidul (N<sub>2</sub>O). Övriga betydelsefulla växthusgaser är vattenånga (H<sub>2</sub>O), ozon (O<sub>3</sub>) och freoner. Växthusgaserna gör att klimatet värms upp genom att förhindra värmestrålning från markytan att stråla ut i rymden.

## Gödsling



Askgödsling på torvmarker där trädbeståndet lider av kalium- och fosforbrist är en mycket lönsam åtgärd. Spridning från marken är den billigaste spridningsmetoden och lyckas bäst då marken är tjälad. Bild: © Pentti Väisänen.

Syftet med skogsgödsling är att förbättra trädbeståndets tillväxt och livskraft genom att tillföra de näringsämnen som det finns ont om med tanke på trädens behov. Skogsgödsling kan göras enbart för att öka tillväxten eller för att åtgärda näringsobalans.

Gödsling är ett snabbt och kostnadseffektivt sätt att försnabba diametertillväxten hos både yngre och äldre, skötta, barrträdsdominerade gallringsbestånd. Skogsgödsling är ett sätt att förbättra tillväxten i bestånd som redan växer bra eller att korrigera näringsobalans som gör att träden växer dåligt. Skogsgödsling är en metod med vilken skogsägaren kan öka virkesproduktionen och skogsbrukets lönsamhet.

## Näringsobalans i trädbeståndet



Tallar som lider av fosforbrist har korta barr och bara 1-2 barrårgångar. Bild: © Jorma Issakainen.

Det kan förekomma näringsobalans i marken, en obalans som beror på att halten av olika näringsämnen inte motsvarar trädens behov. Det här kan leda till synliga symtom på blad, barr eller växtsätt. Symtomen kan visa sig i form av färgförändringar hos barr och blad eller olika tillväxtstörningar i trädkronan. Näringsobalans i marken kan rättas till genom gödsling.

## Vitaliseringsgödsling



Askgödsling på torvmarker där trädbeståndet lider av kalium- och fosforbrist är en mycket lönsam åtgärd. Spridning från marken är den billigaste spridningsmetoden och lyckas bäst då marken är tjälad. Bild: © Pentti Väisänen.

Med vitaliseringsgödsling avses gödsling av skötta skogar vars utveckling är ogynnsam på grund av näringsobalans i marken och där det är möjligt att återställa balansen med hjälp av gödsling.

I praktiken innebär vitaliseringsgödsling askgödsling på torvjordar eller gödsling av objekt där det förekommer borbrist i marken. Privatskogsägare har möjlighet att få stöd för vitaliseringsgödsling av sina skogar.

## Askgödsling



Askgödsling på torvmarker där trädbeståndet lider av kalium- och fosforbrist är en mycket lönsam åtgärd. Spridning från marken är den billigaste spridningsmetoden och lyckas bäst då marken är tjälad. Bild: © Pentti Väisänen.

Askgödsling lämpar sig särskilt väl på torvjordar där den har en långvarig, markförbättrande effekt. Askbaserade gödselmedel tillverkas av aska från bränning av biomassa. Askan analyseras i enlighet med förordningen om gödselprodukter för att garantera att den lämpar sig för gödsling.

## Litteratur

1. Smolander, A., Väänänen, P., Laiho, R. ym. 2023. Vaikutukset maaperään ja vesistökuormitukseen Julkaisussa: Lehto, T. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2023. Metsänlannoitus nyt ja tulevaisuudessa: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 56/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 146 s.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-714-3>
2. Ahtikoski, A., Hökkä, H., Joensuu, S., Kojola, S., Kuusela, M., Moilanen, M., Penttilä, T., Ruotsalainen, M. & Saarinen, M. 2007. Turvemaiden käsittely ja hoito. Laskelmia ja tutkimustietoa taustamateriaaliksi turvemaiden metsänhoitosuositusten kehittämis
3. Silfverberg, K., Moilanen, M. 2008. Long-term nutrient status of PK fertilized Scots pine stands on drained peatlands in North-Central Finland. Suo 59(3): 71–88.
4. Helmisaari, Heljä-Sisko. 1992. Nutrient Retranslocation in Three Pinus Sylvestris Stands. Forest Ecology and Management 51 (4): 347–67.  
[https://doi.org/10.1016/0378-1127\(92\)90334-6](https://doi.org/10.1016/0378-1127(92)90334-6).
5. Sarkkola, S., Ukonmaanaho, L., Nieminen, T M. etc. 2016. Should Harvest Residues Be Left on Site in Peatland Forests to Decrease the Risk of Potassium Depletion? Forest Ecology and Management 374 (elokuuta):136–45.  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.05.004>.
6. Moilanen, M., Issakainen, J. ja Vesala, H. 2011. Metsän uudistaminen mustikkaturvekankaalla – luontaisesti vai viljellen? Metlan työraportteja 192:30.
7. Moilanen ym 2015. Fertilization increased growth of Scots pine and financial performance of forest management in a drained peatland in Finland. Silva Fennica 49(3): id 1301. 18 p.
8. Hökkä, H., Ahtikoski, A., Sarkkola, S., Väänänen, P. 2024. Ash fertilization increases long-term timber production in drained nitrogen-poor Scots pine peatlands. Canadian Journal of Forest Research.  
<https://doi.org/10.1139/cjfr-2024-0003>
9. Rautio, P. & Hökkä, H. 2016. Teollisuuden ja yhteiskunnan sivuvirrat metsälannoitteina – mahdollisuudet ja haasteet. Acta Lapponica Fenniae 27: 17-27.
10. Lehto, T. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2023. Metsänlannoitus nyt ja tulevaisuudessa :

Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 56/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 146 s.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-714-3>

11. Hökkä ym. 2012. Modelling volume growth response of young Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands to N, P, and K fertilization in drained peatland sites in Finland. *Canadian Journal of Forest Research* 42(7): 1359–1370.
12. Moilanen, M., Hytönen, J., and Leppälä, M. 2012. Application of wood ash accelerates soil respiration and tree growth on drained peatland. *Eur. J. Soil Sci.* 63(4): 467–475.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2012.01467.x>
13. Sikström U., Almquist C., Jansson G. 2010. Growth of *Pinus sylvestris* after the application of wood ash or P and K fertilizer to a peatland in southern Sweden. *Silva Fenn.* 44(3): 411–425.  
<http://dx.doi.org/10.14214/sf.139>.
14. Moilanen, M. & Hökkä, H. 2009. PK-lannoituksella aikaansaadun kasvureaktion suuruus riippuu ojitusaluemännikön ravinnetilasta. *Suo* 60 (3–4).
15. Hynönen, T. 2004. Booripitoiset lannoitteet ja nuoren kuusikon toipuminen häiriöstä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 934: 58–61.
16. Kilpeläinen, J., Räisänen, M., Mehtätalo, L., et al. 2013. The longevity of Norway spruce responses to boron fertilisation. *Forest Ecology and Management* 307: 90–100.  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.054>
17. Rikala R, Vuorinen M. 2004. Boorilannoitteen syyslevitys kuusikossa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 934: 62–63.
18. Venäläinen A., ym. 2020a. Ilmastomuutos lisää metsätuhojen riskejä Suomessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 2020-10454. *Tieteen tori*. 9 s.  
<https://doi.org/10.14214/ma.10454>
19. Riikonen, J., Lehto, T. & Rikala, R. 2013. Effects of boron fertilization in the nursery of after planting on the performance of Norway spruce seedlings on boron-poor sites. *New Forests* 44: 671–685.
20. Saarsalmi, A. ja Mälkönen, E. 2001. Forest Fertilization Research in Finland: A Literature Review, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16:6, 514-535.
21. Hynynen, J., Huuskonen, S., Kojola, S. (toim.) 2017. Luonnonvara- ja biotalouden

tutkimus 16/2017 METSÄ 150 – Metsänkasvatuksen keinot lisätä puuntuotantoa kestävästi ja kannattavasti.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-377-2>

22. Moilanen, M., Silfverberg, K., Hökkä, H. & Issakainen, J. 2004. Comparing effects of wood ash and commercial PK fertiliser on the nutrient status and stand growth of Scots pine on drained mires. *Baltic Forestry* 10(2): 2–10.
23. Vastuullisella metsälannoituksella ilmastohyötyjä hanke-esite  
[https://tapio.fi/wp-content/uploads/2023/03/Tapio-VaMeLa-esite\\_FINAL.pdf](https://tapio.fi/wp-content/uploads/2023/03/Tapio-VaMeLa-esite_FINAL.pdf)
24. Ojanen, P., Penttilä, T., Tolvanen, A., etc. 2019. Long-Term Effect of Fertilization on the Greenhouse Gas Exchange of Low-Productive Peatland Forests. *Forest Ecology and Management* 432 (2019): 786–98.  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.015>.
25. Huotari, N. 2012. Tuhkan käyttö metsälannoitteena. Metsäntutkimuslaitos.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2371-2>
26. Hynönen, T. 2000. Pellonmetsityksen onnistuminen Itä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 957.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1725-0>
27. Aro, L. & Hytönen, J. 2019. Suonpohjasta metsäksi. Luonnonvarakeskus ja Suomen metsäkeskus.  
<https://www.slideshare.net/Metsakeskus/suonpohjan-metsitysopas-188911137>
28. Piri, T. 2003. Silvicultural control of Heterobasidion root rot in Norway spruce forests in southern Finland: regeneration and vitality fertilization of infected stands. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 898: 1–64.
29. Aphalo, P.J., Lahti, M., Lehto, T., Repo, T., Rummukainen, A., Mannerkoski, H. & Finér, L. 2006. Responses of silver birch saplings to low soil temperature. *Silva Fennica* 40: 429–442.