made by tree



FOTO: Johanna Fond

Skogens och skogsbrukets roll

i skogsnäringens värdekedja

Del nr2.



Planteringsmaskin PlantMax | FOTO: Erik Andersson

Framtida utveckling av skogsbruket och användnings-områden

Skogsbruket står inför ett tekniksprång där flera lovande innovationer idag befinner sig på låg till medelhög mognadsnivå (TRL 3–7) men förväntas vara brett implementerade inom tio år. Dessa tekniker kan radikalt förbättra skogsbrukets hållbarhet, tillväxt och precision. Forskning och pilotprojekt pågår längs hela värdekedjan - från hur vi återplanterar skog och sköter ungskog, via gallring och avverkning, till hur råvaran kan användas i framtidens biobaserade produkter. Nedan följer en utblick över dessa utvecklingsområden, med konkreta exempel, aktuella forskningsrön och förväntade effekter på skogens produktivitet, miljö och arbetsmiljö.

Automatiserad återplantering med drönare och maskiner

Återplantering efter avverkning är ett kritiskt moment där ny teknik nu tar kliv framåt. Mekaniserad plantering har länge varit en utmaning, men moderna prototyper visar att det snart kan bli verklighet i större skala. Ett exempel är den svenskutvecklade planteringsmaskinen PlantMax, som under fälttester redan 2020 planterade över 200 000 plantor på ca.100 hektar. Maskinen markbereder och sätter plantor med hög precision, något som kan lösa bristen på manuella plantörer och säkerställa snabb föryngring med god kvalitet. PlantMax-projektet drivs av ett konsortium av företag och bygger vidare på äldre idéer men tajmingen är nu rätt då billig arbetskraft är svårare att få tag i.



Uppföljning av återplantering | Källa:ConiferVision

Tekniken är i pilotstadiet men närmar sig kommersiell introduktion, med flera maskiner under utvärdering idag.

Samtidigt utforskas drönare för återplantering. Drönare kan antingen hjälpa till indirekt – genom att kartlägga hyggen och optimera var plantor bör sättas – eller direkt genom drönarsådd, dvs. spridning av frön eller kapslar från luften. Studier indikerar att drönarsådd har potential att bli effektivare än konventionell sådd med maskin eller för hand, särskilt i svårtillgänglig terräng. Ett exempel är startup-företaget Dendra Systems, som utvecklat teknik för att skjuta ner frökapslar från drönare i marken. Forskare vid SLU har noterat att drönarsådd kan nå luckor långt från vägar och besvärlig mark där markberedning med tunga maskiner ändå inte är möjlig. Mer forskning krävs dock för att optimera metodiken så att föryngringen verkligen lyckas i praktiken – fröna måste hamna rätt och få tillräckliga etableringsförutsättningar för att ge bra resultat.

En annan lovande tillämpning är att använda drönare med sensorer för att inventera planteringar och följa upp återväxten. Med högupplösta bilder och AI-analys kan drönaren räkna plantor, skilja trädslag åt och hitta luckor där kompletteringsplantering behövs. Sådana digitala inventeringar, som erbjuds av företag som Copture och Conifer Vision, ger skogsägaren en detaljerad bild av föryngringen utan att behöva vandra över stora hyggen. Precisionen i datan är hög – AI:n kan till och med upptäcka tidiga angrepp eller skador på plantor – och resultatet blir att man kan sätta in rätt åtgärder i tid (ersätta döda plantor, justera viltbehandling etc.). Denna teknik är redan i praktisk användning i vissa fall (TRL ca. 7–9), men förväntas bli betydligt mer brett implementerad under kommande år, i takt med att drönare och AI-verktyg blir billigare och enklare att använda. Effekten blir en ökad överlevnad och tillväxt hos ungskogen, samtidigt som tid och kostnader sparas jämfört med manuell kontroll.

Digitala verktyg för ungskogsröjning

Röjning av ungskog (första gallring utan uttag, oftast i 10–35 år gammal skog) är en annan skötselåtgärd som kan effektiviseras med AI och digitalisering. Idag släpar röjningsarbetet efter på många håll – behoven är stora men det är svårt för skogsägare att hinna med. Här kan digitala beslutsstöd snart göra entré. Inom programmet Mistra Digital Forest har Skogforsk utvecklat en AI-modell, som utifrån satellitdata och fältprov kan kartlägga röjningsbehovet över stora arealer. Genom att mata modellen med data från EU:s

Sentinel-satelliter, kombinerat med markinventeringar, lär sig AI känna igen bestånd som är i behov av röjning (t.ex. väldigt täta ungskogar). Redan nu har en grundmodell med god träffsäkerhet tagits fram för Mellansverige och nästa steg är att träna modellen på fler regioner (Norrland respektive Götaland) så att den klarar olika typer av skog. Målet är att få ett operativt verktyg som privata skogsägare, skogsbolag och entreprenörer kan använda för att prioritera röjningsinsatser.

Förväntad effekt av en sådan AI-lösning är att fler bestånd faktiskt blir röjda i tid. Dels slipper man ödsla resurser på att åka ut och inspektera skog som inte behöver röjas – modellen kan flagga var insats behövs och var det kan vänta. Dels kan man rikta arbetskraften till de områden som ger störst nytta. Exempelvis deltar bolag som Södra, Sveaskog och Mellanskog i utvecklingen och ser det som en chans att planera röjningen bättre och även uppskatta arbetsåtgången mer exakt. I förlängningen kan det underlätta affärsöverenskommelser mellan markägare och röjningsentreprenörer, genom att man på förhand vet hur mycket arbete som krävs i ett bestånd. Tekniken är i pilotfas (TRL 6–7 idag) – grundmodellen finns och en rikstäckande tjänst håller på att utvecklas tillsammans med företaget Field Sweden. Inom ett par år kan detta bli ett kommersiellt beslutsstöd.

Man ska betona att digitalt beslutsstöd inte ersätter mänsklig kompetens fullt ut, modellen kan prioritera och hitta "röjningskandidater", men beslutet och utförandet kräver fortfarande människa.

I framtiden kan man tänka sig att även själva röjningsarbetet får mekaniserad eller robotiserad hjälp. Redan idag används t.ex. lätta maskiner för röjning i vissa fall och med bättre sensorer och AI kunde sådana kanske arbeta mer autonomt i enkla situationer. En vision är små eldrivna robotar eller drönare med röjsåg som på sikt gallrar sly – men dessa idéer är på labbstadiet än så länge.

Det vi vet är att när fler börjar röja tack vare digital planering så ökar skogens framtida värde, träden som lämnas får mer utrymme vilket ger högre diameter och kvalitet på sikt. Dessutom kan man genom röjningen styra skogen mot önskade mål, till exempel gynna lövinslag för biodiversitet eller skapa mer parkartade skogar för rekreation. AI-modellerna kan i framtiden ta hänsyn till sådana mål, så att rätt områden röjs vid rätt tid för rätt syfte.

Gallring med AI-stöd och autonoma system

När det kommer till kommersiell gallring (där uttag av virke sker) står vi på tröskeln till ett paradigmskifte, tack vare AI och sensorbaserad teknik. Traditionellt är gallring en svår konst som kräver erfarna förare – de ska välja ut rätt träd att ta bort för att optimera tillväxten på de träd som lämnas, samtidigt som skador undviks och önskad trädfördelning uppnås. Nu finns teknik som kan hjälpa föraren i realtid att göra dessa val. Ett konkret exempel är "Hitta gallring", ett AI-baserat system utvecklat av startupen Nordic Forestry Automation (NFA) i samarbete med skogsbolaget Södra. Systemet använder laserscanning och kameror monterade på gallringsskördaren för att kontinuerligt mäta skogen runt maskinen och jämföra med målbilden för gallringen. Om markägaren till exempel har angett hur många stammar per hektar och vilka dimensioner som ska lämnas, så kan AI-modellen direkt visa föraren om hen ligger i fas med målet. Denna teknik har testats i fält under över ett år och fem AI-utrustade gallringsskördare rullar nu i svenska skogar i Södras regi. Det innebär att TRL är hög (7–8) och att ett bredare genomslag är nära förestående om resultaten fortsätter vara positiva. Effekterna som rapporteras är bland annat att gallringen blir jämnare och närmare plan – föraren får stöd att inte ta för många eller för få träd, vilket annars lätt sker vid mänsklig bedömning efter många timmars arbete. För skogen betyder detta att kvarvarande träd får optimal plats att växa vidare, vilket ökar den framtida tillväxten och värdet. Samtidigt undviks luckor där man av misstag tagit bort för mycket. Att gallra "lagom" har också en klimatnytta, finska forskare påminner om att om man tar bort för många träd i första gallringen kan den totala skogstillväxten minska och koldioxidinlagringen försämras. Med AI-stöd kan man istället säkerställa att gallringen görs enligt rekommendation för både ekonomi och kolsänka.

Maskinleverantörerna satsar också på detta område. Det finländska företaget Ponsse lanserade 2022 en skördare med inbyggd laserskanner och AI, som kan föreslå vilka träd som ska fällas vid gallring. Skördaren skapar en digital 3D-karta över beståndet ("digital twin") och identifierar trädens egenskaper i detalj, såsom höjd, diameter och trädslag, för att fatta beslut om optimalt uttag. Detta system förbättras nu i forskningsprojekt så att maskinen ska känna igen träd ännu bättre, t.ex. för att särskilja kvaliteter och lämna viktiga habitatträd. Visionen är precisionsgallring där varje beslut baseras på datainsikter, rätt träd lämnas för bästa kombination av ekonomi, klimatnytta och naturvärden.



AirForestrys gallringsdrönare | Källa:AirForestry

Tittar vi ännu lite längre fram finns mer futuristiska koncept under utveckling. Ett spektakulärt exempel är svenska AirForestry, som tar gallring till nya höjder – bokstavligen. Deras idé är att använda stora drönare utrustade med sågaggregat för att gallra träd från luften. Drönaren svävar ner i trädkronorna, sågar av grenar på och kapar utvalda träd, för att sedan lyfta ut stammen luftvägen till en skogsbilväg. På så vis slipper man helt markpåverkan; inga skotningsvägar eller tunga maskiner behöver in i gallringsbeståndet överhuvudtaget.

Detta kan lösa problemet med körskador i gallring och bevara markstrukturen intakt. AirForestry har utvecklat en första prototyp av sin gallringsdrönare – en maskin som ska kunna bära upp till ca. 200 kg last – och siktar på intensiva fälttester från 2026. Sveaskog och norska Statskog är partner i projektet, vilket tyder på att intresset är stort om tekniken kan bevisas fungera. Än så länge är detta TRL kanske 5–6 (en fungerande prototyp i testmiljö), så det dröjer några år innan kommersiell användning. Men skulle det lyckas vore det revolutionerande för arbetsmiljön och miljöhänsynen, farliga moment för maskinförare elimineras och marken påverkas minimalt. Gallring skulle kunna utföras även på mycket känsliga marker eller branta områden där dagens maskiner går bet.

Sammanfattningsvis står gallringsmomentet inför en digital revolution. Sensorer, AI och automation bidrar till att göra gallringen mer precis – "rätt träd på rätt plats" – vilket ger ökad tillväxt på sikt och bättre ekonomi för skogsägaren. Samtidigt förbättras arbetsmiljön, förarstöd minskar stress och trötthet och fjärrstyrda eller drönarbaserade lösningar tar bort människor från de mest utsatta miljöerna. Vi är ännu i början av denna utveckling, men de kommande 5–10 åren lär vi få se att AI-stöd i skördare och skotare blir standard, ungefär som förarstöd i moderna bilar.

Slutavverkning med precision

Vid föryngringsavverkning (slutavverkning) och terrängtransport av virke finns också nya hjälpmedel som kan öka precisionen och minska skadorna. Ett konkret framsteg handlar om ruttoptimering för skogsmaskiner. Genom att kombinera detaljerad markdata (från laserskanning, kartor, drönare m.m.) med AI, kan man ta fram smarta förslag på basvägar och körstråk innan avverkningen startar.

Stora Enso driver t.ex. projektet Precision Forestry där man samlar in laserskanningsdata över markfuktighet, terräng och hinder och använder AI för att planera var skördare och skotare bör köra. Med en app i maskinhytten kan föraren få en digital karta med föreslagen optimal körväg och bästa plats för virkesupplag. Syftet är att undvika blöta partier och känsliga områden, maximera utfört virke per kört meter samt ta hänsyn till natur- och kulturvärden automatiskt.

Resultaten pekar på stora vinster, man kan minska körsträckan i terrängen avsevärt. En uppskattning är att om man vid en avverkning på 3 ha med totalt 1000 m^3 virke, lyckas korta skotarens körväg med 30 meter per lass, så blir det totalt ca 2-4 km mindre körning i skogen. Det sparar både tid, bränsle och minskar markskador och koldioxidutsläpp. Dessutom visar försöken att algoritmen kan föreslå körvägar som undviker kända kulturmiljöer och nyckelbiotoper – exempelvis kan den lotsa maskinen runt områden med hög andel lövträd eller lämna kantzoner mot



Smart ruttplanering | Källa. PSP/ChatGPT

vattendrag intakta. Allt detta bidrar till ett mer hållbart skogsbruk; mindre markpåverkan (färre spår och packningsskador), bättre naturhänsyn och effektivare drivning.

I en fallstudie lyckades Stora Ensos AI-verktyg undvika flera blöta surdråg på ett avverkningsobjekt i Småland, genom att föreslå alternativa basvägar på fastare mark. Maskinföraren kunde följa förslaget på surfplattan i hytten. Trots längre nominell väg sparades tid, då skotaren inte behövde krångla sig loss ur leriga partier. Samtidigt stod vattensjuk mark orörd kvar som naturlig hänsynszon. Föraren uppskattade även att vibrationerna minskade tack vare jämnare underlag, vilket visar på både miljö- och arbetsmiljönytta med datadriven planering.

Fjärrstyrning av skogsmaskiner

Att kunna köra skördare eller markberedare på distans har länge varit en dröm för att förbättra förarmiljön – att sitta skumpandes i terrängen utsätter förare för buller, vibrationer och olycksrisker. Nu, tack vare robusta trådlösa nätverk (t.ex. 5G), börjar detta bli möjligt. Skogforsk och SCA genomförde 2024 ett banbrytande test där en skogsmaskin fjärrstyrdes över 5G trots noll täckning i skogen. Lösningen var en drönare utrustad som flygande mobilmast – drönaren hovrade 500 m ovanför maskinen och gav en lokal 5G-bubbla i upp till 3 km radie. Föraren satt 9 mil bort i Uppsala och körde maskinen via videoskärmar och fjärrkontroll i realtid. Testet visade att förbindelsen fungerade utmärkt utan fördröjning och banar väg för att bemanna avlägsna avverkningsplatser från centralorter. Telia och Ericsson deltog också i projektet, då tekniken kan få bredare användning, t.ex. vid naturkatastrofer där man snabbt vill få upp kommunikation i skogen.

Parallellt utvecklas själva maskinerna för att möjliggöra fjärrstyrning och automation. Skogforsk har under flera år experimenterat med en fjärrstyrd markberedare i samarbete med SCA och maskintillverkaren Bracke. Ett motiv är att markberedning idag ger operatören extremt mycket helkroppsvibrationer, långt över andra maskintyper. Genom att låta föraren sitta i en stillastående hytt på tryggt avstånd (eller i ett kontor) kan man undanröja vibrationsproblemen och förbättra arbetsmiljön dramatiskt. Våren 2024 testkördes en modifierad markberedare, där föraren satt i en basstation 300 meter bort och styrde via kamera. Resultatet var lyckat och markerar att tekniken är nära praktisk tillämpning – nästa steg är att skala upp testerna på större ytor.
Även skotare (virkestransportmaskiner) ligger nära till hands för fjärrstyrning, då de körs relativt långsamt

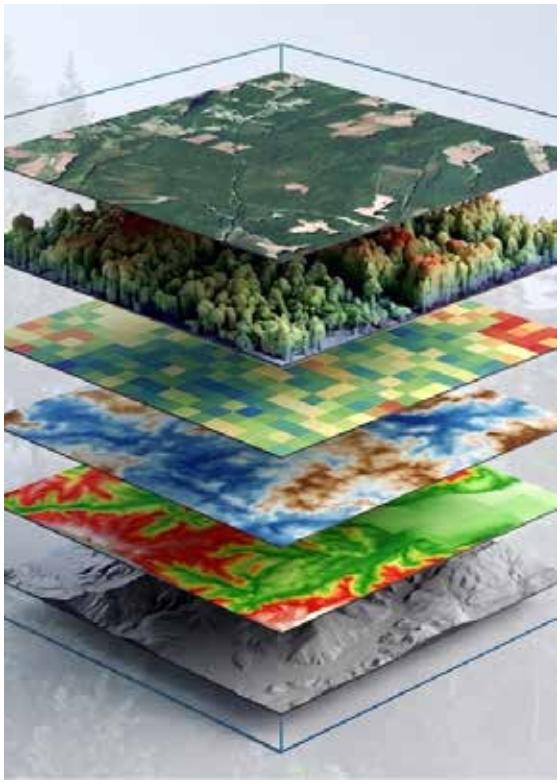


Autonoma maskiner | Källa: PSP/ChatGPT

och kan dra nytta av förprogrammerade rutter. SCA har redan fjärrkört en timmerlastare på en terminal sedan 2021 som en demo. Att ta konceptet ut i skogen var ett större steg, men nu taget. Vi kan förvänta oss att fler maskintyper blir fjärrkörda inom några år – kanske börjar man med riskfyllda moment som att vincha ner skogsmaskiner i branter eller hantera stormfälld skog, där en operatör i säkert avstånd är en stor fördel.
Summan blir att det operativa skogsbruket går mot allt högre precision och säkerhet. Körskador – en stor miljöbelastning – kan minska tack vare bättre planering och kanske lättare maskiner i framtiden. Arbetsmiljön förbättras när människor kan flyttas bort från bullrig, farlig miljö till kontrollcentraler på distans. Och inte minst kan produktiviteten öka, maskiner kan potentiellt köras fler timmar per dag om skiftbyte förenklas via fjärrstyrning eller om autonoma funktioner tar över under enklare uppgifter. Teknisk status varierar; ruttoptimering och förarstöd finns redan i bruk (TRL ca. 8–9 hos vissa bolag), medan full autonomi/fjärrstyrning i skogen är runt TRL 6–7 i tester. Men utvecklingen går snabbt framåt med stöd av initiativ som Mistra Digital Forest, EU-projekt och företagens egna innovationsteam.

Data-driven miljöhänsyn och biodiversitet

Parallellt med att produktionen effektiviseras används digital teknik för att förstärka miljöhänsynen i skogsbruket. Hänsynszoner – exempelvis kantzoner mot vatten, högstubbar, livbojar av lövträd och skydd för kulturvärden – kan planeras mer träffsäkert med hjälp av AI och fjärranalys. Idag låter man AI-modeller tolka nationella laserskanningsdata för att hitta platser med höga naturvärden som kräver särskild hänsyn. Till exempel kan AI utifrån kombinationer av trädskikt, markfuktighet och topografi digitalt avgränsa kantzoner längs vattendrag bättre än schablonmässiga bredder. I ett pågående projekt (finansierat av Skogssällskapet) nyttjas högupplösta laserdata för att optimera hur bred och varierad en kantzon bör vara för att skydda vattenmiljöer och samtidigt inte i onödan ta bort produktiv mark. AI:n kan föreslå att kantzonen dras ut lite extra där terrängen är brant mot vattnet eller där särskilt mycket död ved finns (vilket gynnar artrikedomen), men kanske smalna av där marken är plan och risken mindre.



GIS-baserade datalager från olika källor | Källa: Holmen AB

På liknande sätt kan biologiska värdeträd och död ved kartläggas automatiskt. I dag satsar Stora Enso på att med satellitbilder identifiera var det finns lövträd i deras skogar – information som används för att planera var man bör lämna grupper av löv eller skapa så kallade hänsynsytor. Genom digitala kartor över lövträdsinslaget kan man se till att sprida ut naturhänsynen bättre och inte missa viktiga lövdominerade fläckar.

Även kulturmiljöer gynnas av AI. Skogsstyrelsen väckte uppmärksamhet härom året när de med laserskanning och AI lyckades hitta gamla kolbottnar och fångstgropar dolda i skogen. Nu undersöker Skogforsk om samma teknik kan hitta grundstenar efter historiska torp, så att dessa kan skyddas vid avverkning.

Genom att integrera dessa data i maskinernas GIS-system får föraren en tydlig bild av var hen ska ta hänsyn. I praktiken kan man tänka sig att skördaren varnar automatiskt innan ett naturvärdesträd huggs ned eller att ruttoptimerings-appen (som nämnts ovan) helt enkelt drar om körvägen för att inte gå rakt över ett känsligt objekt.

Tekniken blir alltså ett beslutsstöd för bättre beslut – inte en ersättning för fältkunskap. Vi behöver fortfarande okulär kontroll, AI kan identifiera habitat med hög sannolikhet för rödlistade arter, men den kan inte se själva arten i bilden. Därför kommer skogsbruket även framöver kombinera digital analys med riktade fältbesök för verifikation. Men vinsten är att fältspecialisterna kan sättas in där de verkligen behövs. Istället för att manuellt inventera hundratals hektar kan man, med AI:s hjälp, fokusera på 5–10 nyckelområden som pekats ut som troliga hotspots för natur- eller kulturvärden.

Förväntade effekter av datadriven hänsyn är högre biologisk mångfald och starkare ekosystem i bruksskogarna. Man räknar med att fler hänsynsträd och dödvedslämningar hamnar på rätt plats och att fel inte sker av förbiseende. Dessutom kan skogsägare enklare dokumentera sitt hänsynsarbete, något som underlättar certifiering enligt FSC/PEFC.

I framtiden kan digitala skogsbruksplaner få flera målsättningar – inte bara virkesproduktion, utan parallellt klimatnytta och biodiversitet – tack vare att det finns data som stödjer sådana avvägningar. Kort sagt, digitaliseringen gör att vi bättre kan se helheten i skogen och bruka den mer varsamt utan att tappa produktivitet.

Nya användnings-områden för biomassa – bortom sågverk och massabruk

Till sist blickar vi ut över framtidens produkter från skogen. Traditionellt går timmer till sågverk och massaved till massa- och pappersbruk. Men framöver växer en palett av nya material, kemikalier och energibärare fram där skogsbiomassan spelar huvudrollen – ofta i mer decentraliserade eller specialiserade anläggningar än dagens stora industrier. Forskningen pekar på spännande möjligheter, även om många är i tidig utvecklingsfas (TRL 3–6).



Sunpine bioraffinader i Piteå | Foto: Kråkullen

Ett område är nya biobaserade material som ersätter fossila. Till exempel har forskare vid RISE ETC i Piteå lyckats framställa biobaserad kimrök (carbon black) från tall- och granspån via pyrolys. Kimrök används bl.a. i däck och gummi som förstärkningsmaterial och idag utvinns den ur fossila oljor. Med sidoströmmar som råvara kan man alltså göra däckkomponenter som är helt fossilfria. Ett annat exempel är utveckling av bioplaster och kemikalier ur skogsråvara. Lignin, cellulosa och hemicellulosa kan omvandlas till allt från biobaserade textilfibrer till biodrivmedel och förpackningsmaterial, enligt biotekniska forskningsteam. Sverige satsar stort på detta, med målet att ta fram nya träfiberbaserade material och gröna kemikalier. Vi ser redan nu textilfiber av dissolvingmassa (viskos/lyocell) som ersätter bomull, träbaserade kompositmaterial för elektronik och tester av lignin för kolfiber och batterianoder. Dessa nya produkter kanske inte alltid tillverkas i konventionella massabruk utan i mindre, specialiserade bioraffinaderier. En trend är just decentraliserade bioraffinaderier och flexibel råvaruförsörjning.

Skogsindustriernas vision är att hela biomassan ska tas tillvara – även grenar, toppar och andra sidoströmmar – i en cirkulär bioekonomi. För att lyckas kan det krävas mindre anläggningar närmare råvaran eller teknik som kan hantera varierande insatsråvara. Skogforsk och RISE har utrett möjligheterna att kombinera spridda restströmmar från skog och lantbruk till nya processer. Resultatet visar att det finns flera lovande bioraffinaderikoncept som kan använda blandade råvaror, till exempel en flexibel förgasningsanläggning som omvandlar såväl grot (grenar och toppar) som halm och sly till syntesgas och vidare till biodrivmedel. Ett annat case var att kombinera biogasproduktion med hydrotermisk förvätskning (HTL) för att få ut maximalt av våtare biomassor som gödsel och samtidigt utnyttja energiinnehållet i torr skogsflis. Dessa processer är på pilotskala i nuläget, men bedöms ha stor potential. Tekniläget är att exempelvis biogas och etanol redan är kommersiella, men då främst på jordbruksråvara – att använda skogsråvara kräver vidareutveckling. För gasifiering och HTL finns demoanläggningar, men ännu inga storskaliga i drift för skogsbiomassa. Inom 5–10 år kan vi dock se de första kommersiella anläggningarna om forskningen faller väl ut.

En intressant idé är mobila eller modulära enheter som kan flyttas dit biomassan finns. Redan i början av 2010-talet föreslogs konceptet "Koltröska", en mobil pyrolysreaktor som likt en skördetröska skulle kunna köras mellan gårdar och producera biokol av restprodukter på plats. Biokolet kan sedan myllas ned i odlings- eller skogsmark för att förbättra bördighet och samtidigt lagra kol under lång tid. Projektet finansierades av Mistra och syftade till att få ner kostnaden för biokol och göra tekniken tillgänglig för lant- och skogsbrukare.



Nanofiberbaserat plåster | FOTO: Johanna Fond

Idag har intresset för biokol ökat explosionsartat i både Sverige och internationellt, eftersom studier visar på fördelar för markstruktur, vattenhållande förmåga och näringsläckage. Lokal produktion av biokol via mindre pyrolysanläggningar kan mycket väl bli verklighet kommande år – några startups i Sverige jobbar redan med gårdsstora pyrolyspannor.

Om skogsbruket börjar återföra kolhaltiga restprodukter (aska eller biokol) istället för att enbart sprida aska, kan det motverka de marknäringsförluster som uppstår när allt GROT tas ut. Drönarprojektet som nämndes tidigare är relevant även här. Drönare skulle kunna sprida biokolpulver eller pelleterad aska i skogen till lägre kostnad än idag och därmed göra det lönsamt att ge tillbaka till markerna det vi tar ut i form av biomassa.

Sammanfattningsvis visar forskningen att framtidens skogsprodukter kan bli både fler och mer utspridda i värdekedjan. Vi kan komma att se skogsbruket leverera inte bara timmer och massaved, utan också råvara till gröna drivmedel, textilier, plastsubstitut, kemikalier, kompositmaterial och biokol – ibland via stora integrerade bioraffinaderier, ibland via mindre, lokala anläggningar. Detta breddar intäktsmöjligheterna för skogsägare (t.ex. genom att sälja restbiomassa till nya ändamål) och ökar värdet per kubikmeter trä. En utmaning blir att organisera logistiken och samarbeten så att de nya industrierna får stabil tillgång på rätt råvara. Här finns möjligheter till synergier: samordnade terminaler där biomassa från flera gårdar samlas, sorteras och förbehandlas för olika processer. Genom att blanda material med olika egenskaper kan man skapa flöden som möter industrins krav både kvalitets- och kvantitetsmässigt. Till exempel kan en terminal ta emot både fuktig gödsel och torr flis, separera och skicka det våta till rötning och det torra till förgasning – allt under samma tak. Sådana modeller testas nu i pilotskala och pekas ut som nyckeln till att få ekonomi i bioraffinaderier för spridd biomassa.

Mot ett smart och hållbart skogsbruk

Den gemensamma nämnaren för alla dessa framtidssatsningar är hållbarhet genom ökad precision. Genom digitalisering, sensorer, AI och nya maskinsystem kan skogsbruket "skruva upp" både produktionsförmågan och miljönyttan samtidigt. Tillväxten kan öka med hjälp av precisionsgödsling, snabbare återväxt och optimal gallring. Klimatpåverkan kan minska via bättre koldioxidbindning, fossilfria drivmedel och kolinlagring i mark. Biodiversiteten kan stärkas när hänsyn tas exakt där den behövs och biotoper bibehålls genom skonsammare metoder. Och inte minst förbättras arbetsmiljön – framtidens skogsarbetare kanske övervakar maskinflottor från en kontrollcentral snarare än står böjda med planteringsrör eller skumpar i en maskin på dålig mark.

Viktiga forskningsmiljöer som Skogforsk, SLU och RISE i Sverige, liksom program som Mistra Digital Forest, driver på utvecklingen tillsammans med industrin. Internationellt ser vi liknande initiativ – exempelvis det finska UNITE-centret som fokuserar på autonom drönarteknik och precisionskartor för skogsbruk. Samarbeten över branscher och nationsgränser är vanligt, då digitalisering och klimatomställning är globala utmaningar för skogsnäringen.

Om tio år kan mycket av det som idag är pilotprojekt vara en integrerad del av vardagen i skogen. Vi kommer troligen att se drönare surra över nyplanterade hyggen, AI assistera besluten vid varje åtgärd och bioraffinaderier tar vara på varje sidoström. Skogsbruket håller på att kliva in i en ny era där högteknologi möter det växande trädet. Utmaningen blir att införa tekniken på bred front, utbilda användare och säkerställa att det verkligen ger de utlovade hållbarhetsvinsterna. Men potentialen som skisserats här – ett mer produktivt, klimatsmart och skonsamt skogsbruk – gör att många anser att denna utveckling är både nödvändig och oundviklig. Med andra ord, framtidens skogsbruk kan kombinera gammal kunskap om naturen med nya digitala verktyg, för att använda skogen bättre till nytta för både människa och miljö.



FOTO: Johanna Fond



Frihet under ansvar | Källa: PSP/ChatGPT

Skogs-ägandet i Sverige och ägande-rättens betydelse

Vem äger den svenska skogen? Ägandebilden är mångfacetterad och betydelsefull för hur skogen brukas. Nästan hälften av Sveriges cirka 23 miljoner hektar produktiv skogsmark ägs av enskilda privata skogsägare. Det rör sig om omkring 311 000 privatpersoner, ofta familjeskogsbrukare, spridda över landet. Ungefär en fjärdedel av skogen ägs av privata skogsbolag, medan resterande dryga 20 % ägs av staten och andra allmänna ägare. Sveriges enskilt största skogsägare är statliga Sveaskog, som förvaltar ca 3,1 miljoner hektar skog (nära 14 % av den produktiva skogsmarken).

I Sverige är äganderätten stark och skogspolitiken vilar på principen "frihet under ansvar". Det innebär att privata skogsägare har stor frihet att sköta sin skog enligt egna mål, men också ett stort ansvar att förvalta skogen hållbart och i enlighet med samhällets krav. Skogsvårdslagen ger ramarna för detta ansvar och anger att skogen som förnybar resurs ska skötas så att den uthålligt ger god avkastning, samtidigt som hänsyn tas till naturvärden, kulturmiljö, rennäring och andra intressen. Ägandet medför således både rättigheter – till exempel rätten att bruka och ta ut avkastning från sin skog – och skyldigheter att följa lagar och normer för brukandet.

Äganderätten har också en ekonomisk och social dimension. För många landsbygdsboende utgör skogen en viktig del av familjeekonomin och ett arv för kommande generationer. Ett stabilt och tydligt regelverk kring ägande och brukanderätt är därför centralt. Om samhället inskränker möjligheten att bruka skogsmark för att tillgodose miljöintressen, uppstår frågan om kompensation. I Sverige är pågående markanvändning grundlagsskyddad, vilket innebär att markägare har rätt till ersättning vid betydande inskränkningar. På senare tid har denna ersättningsrätt lyfts fram som avgörande för att säkra ett rättssäkert och långsiktigt skogsbruk.

Utredningen Ett tydligt regelverk för aktivt skogsbruk (SOU 2025:93) pekar exempelvis på att skogsägare vars skog inte får brukas på grund av höga naturvärden bör kompenseras ekonomiskt. Utan tydlig ersättning riskerar förtroendet för skogspolitiken att undergrävas. Äganderätten och dess följdsatser – rätten till

avkastning och ersättning – utgör alltså en grundbult för att skogsägare ska våga investera i skötselåtgärder som ger samhället en långsiktigt hållbar skogstillväxt.

Regelverk och principer som styr svenskt skogsbruk

Svenskt skogsbruk regleras av en kombination av nationella lagar, EU-direktiv och internationella åtaganden. De viktigaste styrmedlen är:

Skogsvårdslagen (SvL). Denna speciallag (ursprungligen från 1979, reviderad 1993 och framåt) är grundpelaren i skogspolitiken. Skogsvårdslagen stipulerar samhällets minimikrav på skogsägaren. Kärnan är att skogen ska föryngras efter avverkning och skötas hållbart för att ge god och långsiktig avkastning. Lagen kräver t.ex. återbeskogning senast inom tre år på hyggen, viss lägsta godtagbara föryngringstäthet och att skogen inte får vanvårdas. Samtidigt inkluderar lagen numera miljökrav – att hänsyn ska tas till naturvård, kulturmiljöer och rennäring i skogsbruket. 1993 års skogspolitiska reform slog fast att produktion och miljö är likställda mål, vilket innebar att skogsvårdslagen utökades med naturhänsyn. Principen frihet under ansvar genomsyrar lagen, det finns få detaljerade förbud eller påbud, utan snarare allmänna krav (exempelvis att ny skog ska anläggas, att miljöhänsyn ska tas). Hur dessa uppfylls är i stor utsträckning upp till skogsägaren. Myndigheten (Skogsstyrelsen) utövar tillsyn och kan förelägga åtgärder om lagen inte följs – t.ex. om någon inte återplanterat eller om hänsynslös avverkning skett. Skogsvårdslagen innehåller också bestämmelser om avverkningsanmälan (skogsägaren måste anmäla planerad föryngringsavverkning minst 6 veckor i förväg för att myndigheten ska kunna ge råd eller ingripa om något skyddsvärt finns). Sammantaget ger skogsvårdslagen ramen för ett aktivt brukande kombinerat med grundläggande hållbarhetskrav.

Miljöbalken (MB). Detta är Sveriges samlade miljölagstiftning (från 1999) som gäller alla sektorer, även skogsbruk. Vissa delar av miljöbalken är särskilt relevanta för skogen. Hänsynsreglerna i 2 kap. gäller generellt, vilket innebär att skogsägare ska vidta försiktighetsmått, skaffa nödvändig kunskap och hushålla med naturresurser i sin verksamhet, så långt det är rimligt. Vissa moment i skogsbruket kan kräva anmälan eller tillstånd enligt MB, t.ex. samråd enligt 12 kap. 6 § MB. Den paragrafen säger att en verksamhetsutövare ska samråda med tillsynsmyndigheten (oftast Länsstyrelsen) innan man vidtar åtgärder som "väsentligt ändrar naturmiljön", även om åtgärden inte är tillståndspliktig. I praktiken har detta tolkats som att större skogsavverkningar i känsliga områden (t.ex. i fjällnära skog eller nyckelbiotoper) kan utlösa samrådsplikt. Länsstyrelsen kan då ställa villkor eller i sällsynta fall förbjuda åtgärden om miljöintresset väger mycket tungt. Miljöbalkens 7 kapitel om områdesskydd är också viktigt: biotopskyddsområden, naturreservat, Natura 2000-områden etc. beslutas under MB och kan lägga restriktioner på brukandet (oftast med ersättning). Artskyddsförordningen, som hör till miljöbalken, skyddar alla vilda fåglar och vissa hotade arter – vilket kan stoppa avverkning om t.ex. en fridlyst art som lavskrika eller bombmurkla skulle skadas av åtgärden.

Den juridiska relationen mellan skogsvårdslagen och miljöbalken har blivit ett knepigt kapitel. När miljöbalken infördes varnades det för otydlighet ifall dess generella regler skulle kollidera med skogsvårdslagens specialregler. Idag ser vi exempel där domstolar i praktiken låtit miljöbalken dominera, vilket lett till osäkerhet för skogsbruket. En ambition nu (se SOU 2024:91 nedan) är att förtydliga att skogsbruk är pågående markanvändning och att huvuddelen av regleringen ska ske i skogsvårdslagen, för att minska dubbelprövningar och ge förutsägbarhet.

EU-direktiv och förordningar. Som EU-medlem är Sverige bunden av flera tunga natur- och klimatregelverk som påverkar skogssektorn. De viktigaste är:

- Fågel- och habitatdirektiven – EU:s naturvårdsdirektiv som ligger bakom nätverket Natura 2000. Skogar som hyser arter eller naturtyper av europeiskt intresse kan pekas ut som Natura 2000-områden, där verksamheter som avverkning kan kräva särskilt tillstånd och inte får skada "den gynnsamma bevarandestatusen". Även utanför skyddade områden måste medlemsländerna förhindra försämring av skyddade arter. Detta har t.ex. aktualiserats vid förekomst av hotade lavarter eller insekter i produktionsskog – juridiskt komplexa frågor om i vilken mån skogsbruk kan förbjudas för att uppfylla direktivet. Sverige har påtalat att strikt tolkning av art- och habitatdirektivet i skogen kan göra normalt skogsbruk omöjligt i vissa fall. Därför pågår diskussion både nationellt och inom EU om hur man hittar rimliga tillämpningar.

- EU:s avskogningsförordning (EUDR 2023) – en relativt ny förordning som syftar till att stoppa avskogning globalt genom handel. Företag som säljer skogsprodukter (t.ex. trävaror, papper, kaffe, soja m.m.) inom EU måste kunna visa att råvaran inte kommer från nyligen avskogad mark. För Sveriges del handlar det om att definieras som "lågrisk land", eftersom vi inte har avskogning i egentlig mening (här planteras ju ny skog efter avverkning). Dock finns utmaningar kring spårbarhet i skogsnäringens

värdekedja, vilket är ett krav. Vårt system blandar virke från många skogsfastigheter genom sågverk och massabruk och sedan i olika produkter, vilket gör det svårt att spåra varje fiber. Sverige driver på för att förordningen ska implementeras på ett pragmatiskt sätt för länder med hållbart skogsbruk.

- EU:s klimatpaket (Fit for 55 och LULUCF) – inkluderar bl.a. uppdaterade mål för förnybar energi (RED III), där bioenergi från skog ingår men måste uppfylla vissa hållbarhetskriterier, samt regler för markanvändningssektorns kolsänka (LULUCF-förordningen). Enkelt uttryckt måste Sverige övervaka sin skogsmarks nettoupptag av CO_2 och om vi skulle få en minskad kolsänka jämfört med referensnivån kan det krävas kompensation genom åtgärder eller köp av utsläppsrätter. Detta skapar ett indirekt tryck på skogspolitiken att inte låta kolsänkan försvagas – en balansgång kopplad till avverkningsnivåer.

- Kommande EU-lagstiftning om biologisk mångfald: Exempelvis diskuteras en naturrestaureringsförordning som skulle ålägga länder att restaurera en viss andel av ekosystem, potentiellt även skog. Man talar om återvätning av utdikade myrar, skapande av mer död ved etc. Även om dessa initiativ ännu inte trätt i kraft påverkar de debatten och kan framöver ge ytterligare styrmedel som begränsar hur skogen brukas.

Certifieringar: Även om de är frivilliga är skogscertifieringssystem som FSC och PEFC så pass utbredda (över halva Sveriges skogsareal är certifierad under någon av dem) att de fungerar som para-regelverk. Certifiering ställer ytterligare krav på skogsbruket – t.ex. högre hänsynsnivåer än lagen, större frivilliga avsättningar, samråd med lokalbefolkning och samer, kulturmiljöhänsyn etc. Dessa krav bildar lager på lager ovanpå lagstiftningen, vilket för enskilda skogsägare kan vara svårt att överblicka. Samtidigt är certifiering i praktiken nödvändig för att sälja virke till seriösa kunder idag. Det kan ses som en marknadsdriven förstärkning av regelverket.

Principen om frihet under ansvar: Som tidigare nämnts är en bärande idé i svensk skogspolitik att istället för detaljerade regleringar i varje situation ges skogsägaren förtroende att ta ansvar. Staten kombinerar rådgivning och stimulans (t.ex. bidrag till naturvårdsbränning eller skogsbilvägar) med kontroll av minimikrav. Offentliga stödprogram (som miljöinvesteringar i skogen) och sektorsinitiativ (som utbildningar och forskning via Skogsstyrelsen, SLU, Skogforsk) är mjuka styrmedel för att nå målen. Myndigheten kan ge föreläggande om t.ex. föryngring om ägaren missköter sig, men mycket vilar på att frivilliga insatser görs utöver lagens krav. Skogsvårdslagstiftningen anger alltså miniminivån för vad som måste göras (till exempel återväxtåtgärder), men mycket lämnas åt ägarens eget ansvar att göra mer än minimum för att nå miljömål.
Offentliga utredningar har påpekat att frivilliga insatser från skogsbruket är avgörande för att miljömålen i skogen ska nås. Staten stimulerar detta genom rådgivning och stöd (t.ex. ersättning för biotopskydd, information om naturhänsyn) snarare än detaljstyrning. Denna modell har tjänat Sverige relativt väl, men har på senare år satts under lupp i takt med ökade miljökrav och internationella regelverk. **Man framhåller dock att skogsbruket inte bara handlar om jämställda mål för miljö och produktion, utan om balans mellan tre hållbarhetsaspekter – ekonomisk, ekologisk och social.**

Aktuella översyner och reformförslag

I augusti 2025 presenterades slutbetänkandet Ett tydligt regelverk för aktivt skogsbruk (SOU 2025:93) – en statlig utredning som syftar till att modernisera skogspolitiken och minska ovissheten för skogsägare. Utredningen föreslår en lång rad förändringar i lagar och förordningar. Bland annat föreslås att samrådsprocessen enligt miljöbalken separeras från avverkningsanmälan och att den nuvarande sexveckorsregeln (väntetid från anmälan till dess avverkning får påbörjas) kortas ner till 10 dagar. Vidare föreslås att beslut enligt skogsvårdslagen ska överklagas till mark- och miljödomstol istället för till förvaltningsdomstol, för att samla skoglig juridisk kompetens. Utredningen uppmärksammar också problemet med dyra artskyddsutredningar och vill begränsa skogsägares kostnader för att inhämta kunskap om arter – staten bör ta ett större ansvar. Framför allt betonas, som nämnts ovan, att markägare som inte får bruka sin skog på grund av höga naturvärden ska ha rätt till ekonomisk kompensation. Summan av förslagen är att skapa ett mer ändamålsenligt, rättssäkert och aktivt skogsbruksklimat; tydligare lagtexter som minskar tolkningsutrymmet, snabbare processer och ökad förutsebarhet för skogsägaren.

När många remissinstanser yttrade sig över betänkandet våren 2025, var tonen positiv. Man ansåg att utredningen ”på ett bra sätt försöker adressera en hel del utmaningar kopplade till svenskt skogsbruk” med flera bra förslag på förtydliganden. Ersättningsfrågan lyfte särskilt fram som den mest centrala – utan tydlig ersättningsrätt för förlorat brukandevärde blir det omöjligt att uppnå ett rättssäkert och konkurrenskraftigt skogsbruk, menar man.



FOTO: Johanna Fond

Man betonade också vikten av att klargöra relationen mellan skogsvårdslagen och miljöbalken, så att inte parallella regelverk skapar "oproportionerliga konsekvenser" där skogsägare tvingas till dyra processer och utredningar. Remissinstanser tar även upp behovet av bättre digitala verktyg och tydliga instruktioner, så att "det är lätt för den enskilda skogsägaren" att göra rätt och känna sig trygg i att bruka skogen enligt reglerna. En farhåga som uttrycks är att om regelverket blir alltför komplicerat eller rättsosäkert kan små skogsägare välja att avstå från aktiv skötsel av rädsla för juridiska problem. Ska vi ha en levande skogsindustriell värdekedja... så måste skogsägarna avverka och leverera råvaran. Det sammanfattar väl kopplingen mellan politik och näringskedja. Kloka, tydliga regler ska ge skogsägaren mod och incitament att bruka hållbart, vilket i sin tur tryggar råvara till industrin.

Skogspolitiken är ett område där EU och nationella mål ständigt utvecklas. Men riktningen är tydlig:

Regelverket ska främja ett aktivt, hållbart skogsbruk som lever upp till både produktions- och miljökrav. I och med detta knyter vi an till hur skogens bruk och reglering påverkar resten av värdekedjan.

PITEÅ SCIENCE PARK

made by tree

Made By Tree

är ett initiativ av **Piteå Science Park** som har tagit fram den här skriften - **"Skogsnäringen i Sverige"**. Den är till för dig som vill förstå och fördjupa dig i skogsnäringens värdekedja. Läs mer om initiativet: www.madebytree.se

Piteå Science Park har sedan starten 2014 möjliggjort innovation och utveckling inom skogsnäringen. Genom olika initiativ stöttar vi övergången till en biobaserad och cirkulär ekonomi. Det handlar bland annat om att ta tillvara skogens sidoströmmar i nya innovationer, utforska storskalig regional produktion av biobränsle för transportsektorn och öka förståelsen för skogsnäringens roll i ett hållbart samhälle.

Made By Tree drivs genom projektet Skogsnäringens innovationsråd och finansieras av **Europeiska Unionen, Region Norrbotten, Piteå kommun och Sparbanken Nord.**

Kontaktpersoner för Made By Tree är Ulf Westerberg, innovationsledare, Henrik Bucht, vd och Johanna Fond, kommunikatör.

Sparbanken Nord

UTVECKLA NORRBOTTEN
EN DEL AV REGION NORRBOTTEN

Piteå kommun

Medfinansieras av Europeiska unionen