

Lågvärdesträd – värden i träd som växer på fel plats

En syntes av projektet 'Potentialer, värden och kostnader för samhälle och företag vid avverkning av lågvärdesträd'

Örjan Grönlund, Raul Fernandez-Lacruz, Maria Iwarsson Wide, Karin Ågren, Tomas Johannesson



En vält med lågvärdesträd från en skörd längs vägkanter av en skogsbilväg i Umeå, med pågående flisning i bakgrunden. Foto: Raul Fernandez Lacruz

Innehåll

Förord	4
Sammanfattning.....	5
Summary	7
Förkortningar, definitioner och antaganden.....	9
1. Definitionen, vad är ett lågvärdesträd?	10
2. Hur mycket lågvärdesträd finns det?	11
2.1 Hur mycket lågvärdesträd finns det i infrastrukturmarker och produktionsskogar?	11
2.2 Hur mycket lågvärdesträd finns det i naturvårdsåtgärder?	12
3. Vad kan biomassan i lågvärdesträd användas till?	14
3.1 Nuvarande användning av klenträd för bioenergi.....	14
3.2 Lågvärdesträdens virkesegenskaper.....	15
4. Vilken är climateffekten av användandet av biomassa från lågvärdesträd?	17
5. Hur inverkar avverkning av lågvärdesträd på biologisk mångfald?	18
6. Vad kostar det att avverka lågvärdesträd?	20
6.1 Vad kostar infrastrukturavverkningar?	20
6.2 Vad kostar naturvårdsåtgärder?.....	20
7. Varför utförs inte naturvårdsåtgärder i större omfattning?	22
8. Vad kan samhället göra för att uppmuntra avverkning av lågvärdesträd?	24
8.1 Vad kan samhället göra för att uppmuntra naturvårdande skötsel?	24
8.2 Vad kan samhället göra för att uppmuntra avverkning av lågvärdesträd i infrastrukturåtgärder?	25
9. Hur ser framtiden ut för lågvärdesträd?	27
9.1 En vision för framtidens skogsbruk med flera mål	28
Publikationslista inom ramen för projektet	29
Referenser	30



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 24 november 2022 av Mia Iwarsson Wide, Programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering den 30 november 2022.

Redaktör: Hanna Andtbacka, hanna.andtbacka@skogforsk.se
©Skogforsk 2022 ISSN 1404-305X

Förord

Projektet 'Potentialer, värden och kostnader för samhälle och företag vid avverkning av lågvärdesträd' har samordnats av Skogforsk och genomförts under perioden 2018–2022 i samverkan med svenska skogliga aktörer, med finansiering från Energimyndigheten (projektnummer 45923–1). Projektet har bedrivits som tio arbetspaket, vart och ett med en egen frågeställning, men med nära samarbete mellan arbetspaketsledarna.

Inom varje arbetspaket har olika intressenter medverkat på olika sätt. Listan på personer som bidragit i detta arbete är lång varför det här får begränsas till ett stort och brett tack till alla vars samlade insats lett fram till denna slutrapport!

Örjan Grönlund och Raul Fernandez Lacruz
Projektledare
Uppsala, augusti 2022

Sammanfattning

Denna syntes utgår från ett antal frågeställningar om lågvärdesträd som var och en hanteras i ett kapitel. Kapitlet redogör för svaret på respektive fråga med hjälp av arbetet som gjorts inom ramen för projektet, och kompletteras av tidigare forskning. Syntesens nio frågor är följande:

1. Definitionen, vad är ett lågvärdesträd?

Lågvärdesträd är träd som, tack vare sin växtplats, har en faktisk eller potentiellt negativ på platsens andra värden. Gemensamt för lågvärdesträd är att de betraktas som ett problem och att avverkning huvudsakligen utförs för att minska dessa negativa effekter. Lågvärdesträd, och avverkningen av dem, kan delas in i två typer: åtgärder som gynnar infrastruktur och åtgärder som gynnar naturvärden.

2. Hur mycket lågvärdesträd finns det?

Potentialen för lönsam skörd av lågvärdesträd i infrastrukturåtgärder, med rådande ekonomiska restriktioner, är i storleksordningen 5–10 TWh per år. Biomassan från lågvärdesträd kan skattas med relativt hög precision med hjälp av luftburna laserskanningsdata, vilket är en rikstäckande insats. Den mesta biomassan återfinns längs de skogsbilvägar som nyttjas allra minst, vilket ger möjligheter att anpassa skötseln efter det potentiella uttaget. Däremot bör andra källor till fjärranalysdata övervägas för långtidsuppföljning så att vegetationskartor kan uppdateras med kortare mellanrum. Potentialen i naturvårdande åtgärder, där uttaget består av såväl energisortiment som massaved och timmer, har uppskattats till 1,5–3 miljoner m³sk årligen.

3. Vad kan biomassa från lågvärdesträd användas till?

I stor omfattning består lågvärdesträd av klena träd med hög andel lövträd. Det innebär bland annat att det är stamvedsflis med hög andel juvenilved. Utöver den förbränning som det används till idag så gör dessa egenskaper att lågvärdesträd är lämpliga för framtida användning i bioraffinaderier, till torrefiering efter nedtorkning, samt i olika kemiska eller biokemiska processer.

4. Vilka är klimateffekterna av att använda biomassa från lågvärdesträd?

Utfallet av livscykelanalyser påverkas mycket av valet av jämförelsematerialet och avgränsningarna i beräkningarna. Vid beräkning av utsläppen kopplat till avverkning kan tillvaratagandet av lågvärdesträd vara mer energikrävande än att utnyttja grot från slutavverkningar, men då lågvärdesträden inte kräver markberedning, plantering eller röjning innan avverkning kan det vara motiverat att hantera dem som komplement, åtminstone för korta till medellånga transportavstånd. Och vid jämförelse med utsläppen från framställande av hushållsavfall eller bioolja är såväl lågvärdesträd som grot betydligt mindre energikrävande.

5. Hur inverkar avverkning av lågvärdesträd på biologisk mångfald?

I projektet konstaterades att det kan behövas längre perioder för att följa upp och mäta skillnader i biologisk mångfald efter NS-åtgärder (NS= Naturvårdande skötsel). Flera studier har undersökt hur dessa åtgärder bäst bör genomföras och det kan konstateras att det finns möjlighet till betydande volymuttag i samband med den nytta som skapas.

6. Vad kostar det att avverka lågvärdesträd?

En undersökning av mekaniserade naturvårdsåtgärder visade att tidsåtgången per avverkade träd vid var mellan 10–40 procent högre än motsvarande slutavverkning, givet samma medelstamvolym och maskinstorlek. Utöver medelstamvolymen och

maskinstorleken, påverkades tidsåtgången markant av målbilden av NS, eftersom den styrde utformningen av naturvårdsåtgärden.

7. Varför utförs inte naturvårdsåtgärder i större omfattning?

Workshops med grupper inom två organisationer för att besvara denna fråga gör gällande att det finns många faktorer och det är svårt att peka ut en enkel lösning. Med olika workshops samt en enkätundersökning konstaterades att trots olika organisationstillhörigheter, befattningar och verksamhetsområden var respondenterna eniga om att faktorerna knutna till naturvärdena har den allra största betydelsen för prioritering av områden att utföra NS. Lönsamhet visade sig ha en relativ låg betydelse, men det var stora skillnader mellan olika organisationer i synen på detta.

8. Vad kan samhället göra för att uppmuntra avverkning av lågvärdesträd?

Inom projektet identifieras fyra frågor kopplat till detta som bör utredas vidare. För infrastrukturavverkningar introduceras konceptet "lågvärdesträdbidrag" för att bättre inkludera alla de värden som skapas vid avverkning.

9. Hur ser framtiden ut för lågvärdesträd?

Lågvärdesträd har stor potential att vara en viktig resurs i en framtid där vi, bland annat, kan vänta oss ökande efterfrågan på biomassa för nya tillverkningsprocesser och produkter, utökad hänsyn till biologisk mångfald och behov av åtgärder för att hindra klimatförändringarna.

Publikationer markerade med asterisk (*) i texten är publikationer som gjorts helt eller delvis inom ramen för projektet. Dessa publikationer finns också samlade i ett separat avsnitt i referenslistan.

Summary

Low-value trees can be defined as trees growing on a site where they have a potential or actual negative impact on the site's other values. This synthesis report answers a set of questions relating to low-value trees, and each question is presented in a separate chapter. The answers are based on results from the project and supplemented with previous research in the field. The nine questions are:

1. Definition, what are low-value trees?

Low-value trees can be defined as trees growing on a site where they have a potential or actual negative impact on the site's other values. The common denominator for all low-value trees is that they are considered a problem, and they are mainly felled to limit this negative impact. Low-value trees and their harvest can be divided in two groups: measures that benefit infrastructure and measures that benefit nature conservation.

2. How many low-value trees are there?

The annual profitable potential of low-value trees from infrastructure areas in Sweden is estimated to be 5-10 TWh. These potentials can be assessed using airborne laser scanning (ALS) data, which is produced nationally by the Swedish Mapping, Cadastral and Land Registration Authority. However, alternative geodata sources that are updated more frequently should be considered when monitoring vegetation development. Most overgrown biomass along roadsides is found along forest roads that are rarely used by traffic, which provides opportunities to adapt the management of vegetation. The potential annual yield in nature conservation areas, where the removal includes timber, pulpwood, and energy assortments, is estimated at 1.5-3 million m³.

3. What is the potential use for low-value tree biomass?

In general, low-value trees comprise broadleaf tree species and small-diameter trees, implying that low-value tree stem wood contains a high share of juvenile wood. Apart from the current use for incineration in power plants, in the future low-value trees could be used in biorefineries, for torrefaction after drying, and in various chemical processes.

4. What effects does the use of low-value tree biomass have on climate change?

Conclusions from life cycle assessments are greatly influenced by the boundaries set and points of reference used. We concluded that the energy used for procurement of low-value tree biomass is greater than for biomass from tops and branches from final fellings. However, the conclusion would change if soil scarification, planting, and pre-commercial thinning were included, which are operations not needed for production of low-value tree biomass. Compared to energy from waste and bio-oil, production of both low-value trees and branches and tops consumes significantly less energy.

5. What are the effects of low-value tree harvest on biodiversity?

We concluded that assessments of effects on biodiversity after nature conservation operations require longer time-series of observations to quantify the effects of the measures. Our field survey found that, even though wood production was not the goal of the nature conservation measure, the removal of spruce provided a substantial revenue due to the large volumes and tree sizes. Previous studies have shown that, in many cases, there is no conflict between conservation operations and retrieval of biomass, both in infrastructure areas and in dedicated conservation operations.

6. What are the costs of low-value tree forest operations?

A study of mechanised nature conservation fellings found that the time consumption per felled tree was between 10-40 percent longer than the corresponding time consumption during final felling, given the same average stem volume and machine size. In addition, the time consumption was significantly affected by the goal of nature conservation management in the specific study site.

7. Why are nature conservation operations not being carried out to a greater extent? Workshops and surveys were arranged with practitioners from two organisations. The participants reported that many factors were involved in the decision chain, and it was difficult to identify a simple solution. In another survey, the participants agreed that factors and characteristics relating to conservation values have the greatest influence when prioritising areas for conservation operations. Economic profitability had a limited influence in the prioritisation of areas, but results showed a substantial variation between organisations.

8. What can society do to promote low-value tree harvest?

Within the project, four issues relating to this question were identified, and results indicate that it should be investigated further. For felling along infrastructure, the concept of "low-value tree grants" is introduced, to include all the values created during felling.

9. What is the future for low-value trees?

Low-value trees have great potential to be an important resource in a future where, among other things, we can expect increasing demand for biomass in new manufacturing processes and products, greater consideration for biodiversity, and the need for additional measures against climate change.

References followed by an asterisk (*) indicate that the work has been carried out, as a whole or in part, within the framework of the current project. These publications are also compiled in a separate section in the list of references.

Förkortningar, definitioner och antaganden

Grot	Ett energisortiment för grenar och toppar från träd i slutavverkning.
Ha	Hektar, 1 hektar=10 000 m ² .
Lågvärdesträd	Träd som, tack vare sin växtplats, har en faktisk eller potentiellt negativ effekt på platsens andra värden. Avverkning av lågvärdesträd kan motiveras för att gynna infrastruktur eller naturvård.
m ³ sk	Skogskubikmeter, ett volymmått för hela stamvolym ovanför normal stubbhöjd vilket innebär att såväl topp som bark räknas med. Dock ingår ej grenar, stubbar eller rötter.
MWh	Megawattimme, 1 MWh=3,6 GJ (gigajoules).
Naturvårdande skötsel (NS)	Åtgärder som syftar till att stärka eller bevara ekologiska värden. Eventuellt gynnande av andra ekosystemtjänster ska endast ske om det inte har negativ inverkan på ekologiska värden.
Produktiv skogsmark	Skogsmark vilken enligt vedertagna bedömningsgrunder kan producera i genomsnitt minst 1 kubikmeter virke per hektar och år.
Skogsmark	Mark som bär skog eller utan produktionshöjande åtgärder har förutsättningar att bära skog med en höjd av minst 5 m och med en kronslutenhet på minst 10 procent.
Träddelar	Ett sortiment av okvistat, delkvistat eller grokvistat virke som omfattar klena träd.
tTS	Ton torrsbstans, materialets vikt utan vatten. 1 ton torrsbstans (tTS) träddelar (med ingående medelfukthalt på 50 %) antas i beräkningar motsvara 4,7 MWh.
*	Publikationer markerade med asterisk (*) i texten är publikationer som gjorts helt eller delvis inom ramen för projektet.

1. Definitionen, vad är ett lågvärdesträd?

Lågvärdesträd är träd som, på grund av sin växtplats, har en faktisk eller potentiellt negativ effekt på platsens andra värden. Avverkning av lågvärdesträd kan motiveras för att gynna antingen infrastruktur eller naturvård. Ofta handlar det om klena träd och små volymer per hektar (ha) men det kan också, inte sällan i naturvårdande skötsel (NS) åtgärder, handla om grova träd och relativt stora volymer. Gemensamt för lågvärdesträd är att de betraktas som ett problem och att avverkning huvudsakligen utförs för att minska dessa negativa effekter.

Lågvärdesträd, och avverkningen av dem, kan delas in i två typer; åtgärder som gynnar infrastruktur och åtgärder som gynnar naturvärden (NS-åtgärder). Med infrastruktur avses områden som vägkanter, kraftledningsgator, järnvägsbankar och åkerkanter medan naturvårdsåtgärder avser avverkningar inom skyddade områden eller frivilliga avsättningar som syftar till att utveckla eller upprätthålla platsens biologiska värden. I och med att det finns många skillnader mellan dessa typer av åtgärder, både avseende det praktiska utförandet och avseende kunskapsläget, så återkommer denna uppdelning i denna rapport. Avverkning av lågvärdesträd innebär inte alltid att biomassa tas till vara, men en avsikt med detta projekt är att öka kunskapen om i vilka lägen det kan vara motiverat.

Centralt för lågvärdesträd är att de påverkar olika värden. Begreppet 'värde' kan betyda många saker men inom ramen för detta projekt avser värdet av ett träd alla de effekter som uppstår kopplat till samtliga ekosystemtjänster som produceras inom området som påverkas av det aktuella trädet. Lågvärdesträd har oftast inte ett ekonomiskt värde som överstiger avverkningskostnaderna, och det är därför svårt att motivera avverkningen enbart på ekonomiska grunder. Däremot skapar avverkning av lågvärdesträd andra värden, vilket gör att kalkylen förändras. En central utmaning är att se, kvantifiera och värdera dessa andra värden. Det är mot denna bakgrund forskningsprojektet om lågvärdesträd inleddes.

2. Hur mycket lågvärdesträd finns det?

2.1 Hur mycket lågvärdesträd finns det i infrastrukturmarker och produktionsskogar?

Emanuelsson m.fl. (2014) och Ebenhard m.fl. (2017) använde data från Riksskogstaxeringen för att skatta de nationella potentialerna av sly, vilket de definierar på ett sätt som liknar lågvärdesträd. De konstaterar att det finns en potential till årlig skörd av sly på totalt 6,4 terawattimmar (TWh) (Tabell 1) och att det, i och med att det finns ett uppdämt behov av dessa åtgärder under en inledande period, kan röra sig om åtminstone 10 TWh per år. Fernandez-Lacruz m.fl. (2015) gjorde en liknande analys för täta, ogallrade (och oröjda i ca. 90% av de fallen) bestånd i produktionsskog. Studien konstaterade att potentialen för helträdsuttag från klena förstagallringar i bestånd med en medelstamvolym mellan 0.01-0.03 m³sk (motsvarande en brösthöjdsdiameter, DBH, på ca. 4–8 cm) uppgick till 10,3 TWh per år. Av den potentialen finns 58 procent i Norrland, 25 procent i Svealand och 17 procent i Götaland. Beräkningarna av potentialer refererar till tekno-ekologiska potentialer där man räknar bort områden med höga ekologiska värden där man inte bör ta ut grot samt områden där det på grund av tekniska förutsättningar är svårt och dyrt att ta göra grotuttag

Tabell 1. Arealer, ton torrs substans (tTS), energitillgångar och potential inom olika områdeskategorier med sly år 2010 (Ebenhard m.fl., 2017).

Områdeskategori	Areal (ha)	Biomassa (miljoner tTS)	Biomassa (tTS per ha)	Energi (TWh)	Årlig skörd (TWh per år)
Vägkanter	467 461	1,0	2,2	4,9	0,8
Järnvägar	32 582	0,1	4,3	0,7	0,2
Kraftledningsgator	160 400	0,6	4,0	3,0	0,8
Småbiotop åkermark	117 676	4,2	36,0	19,9	0,7
Igenväxande åkermark	138 876	2,7	19,5	12,7	1,6
Ängs- och betesmark	509 110	9,5	18,7	44,7	2,3
Totalt	1 426 105	18,3	12,8	85,8	6,4
Väggkantzonen (+5 m) ¹	287 811	23,1	80,1	108,4	0,9
Åkerkantzon (+10 m) ²	150 238	17,1	113,9	80,4	0,3
Totalt kantzoner	438 049	40,2	194,0	188,8	1,1

¹) Utökad skördeyta med gallring ytterligare 5 m in på omgivande mark på båda sidor längs vägar.

²) Utökad skördeyta med gallring 10 m in på omgivande mark längs åkerkanter.

Emanuelsson m.fl. (2014) lyfte utmaningen med att använda data från Riksskogstaxeringen för att uppskatta volymer som finns på marker som i dagsläget inte används för skogsproduktion. Riksskogstaxeringens metodik är inte utformad för att kartlägga dessa volymer, vilket gör att kvaliteten på data är lägre än vad som är fallet när uppskattningar ska göras i produktionsskog. Iwarsson Wide m.fl. (2013) undersökte möjligheterna att använda data från luftburen laserskanning (på engelska, airborne laser scanning, ALS) för att kvantifiera biomassa i vägkanter. I studien konstaterades att laserdata med en upplösning om 0,5 punkter per kvadratmeter kan användas för att skatta många skogliga parametrar med relativt hög precision. Men för att kunna beräkna lönsamhet i åtgärder krävs kunskap om trädslagsfördelning.

Fernandez-Lacruz och Ene (2022) * undersökte möjligheterna att förutsäga DBH, trädhöjd, och biomassa från lågvärdesträd längs skogsbilvägar i en fallstudie i Uppsala kommun, med hjälp av kostnadsfria, offentligt tillgängliga ALS-data från Lantmäteriet. ALS-data kombinerades med vägnätsdata för funktionella vägklasser 7, 8 och 9 (dvs. skogsbilvägar) (Biometria, 2022). En röjningsbuffert på 5 m på vardera sida av vägen definierades och inventerades med 10 m²-transekter på ett urval av 100 vägkanter. ALS- och inventeringsdata analyserades för att skapa prediktionsmodeller för DBH, höjd och biomassa. I analysen konstaterades att 55 procent av volymen biomassa återfanns längs kanterna till vägar med funktionell klass 9, 40 procent för klass 8 och 5 procent för klass 7. Baserat på modellprognoser beräknades en genomsnittlig biomassadensitet på 24 tTS per km väg inom fallstudieområdet, som innehar 630 km skogsbilvägar. Med hänsyn till de förväntade röjningsfrekvenserna för varje vägklass och en röjningsbredd på 5 m på vardera sida av vägen, skulle en biomassapotentia på 12 GWh per år kunna skördas inom fallstudieområdet. Avverkningspotentialen beräknades för hela Uppsala län (som innehar 13 284 km skogsbilvägar) och motsvarade 356 GWh per år, om man antar samma biomassadensitet som i fallstudieområdet. Skulle en smalare röjningsbredd på 2 m appliceras så skulle potentialen minska till 142 GWh per år.

Metoden visade att prediktionen av skogliga parametrar längs skogsbilvägar är möjlig med rimlig noggrannhet när både fält- och ALS-data är tidskonsistenta (dvs. data representerar ungefär samma tidsperiod). Ur skötselperspektiv kan de presenterade modellerna vara användbara för att visualisera vegetationens allmänna tillstånd på relativt stora områden och hjälpa till vid planeringen av vägunderhållsåtgärder. Metoden ger dock ingen lösning för långtidsuppföljning, eftersom ALS-data som användes i studien uppdateras med 8–10 års mellanrum. Om ALS-data inte uppdateras oftare är det inte möjligt att använda prognoserna för att övervaka vegetationsutvecklingen i fallstudieområdet eller andra områden. Andra källor till fjärranalysdata bör övervägas utöver ALS. Till exempel digitala flygbildsdata från Lantmäteriets nationella flygundersökningar, rasterhöjdsprodukter och ortomosaik, så att vegetationskartor kan uppdateras med kortare mellanrum (2–4 år).

2.2 Hur mycket lågvärdesträd finns det i naturvårdsåtgärder?

Uttag av virkesvolymer från NS-åtgärder ska endast ske om det gynnar (eller inte missgynnar) områdets andra (ekologiska) värden. NS-åtgärder är dessutom ett väldigt heterogent begrepp. Som i all skoglig skötsel är det målsättningen som styr åtgärdens utformning. Den övergripande målsättningen med naturvårdsåtgärder är att gynna biologisk mångfald, vilket i sin tur innebär att det kan innebära väldigt många olika typer av åtgärder (Nitare m.fl., 2014). I Sverige finns uppskattningsvis 0,6–1,1 miljoner ha skogsmark som är i behov av återkommande naturvårdsåtgärder för att skapa, stärka eller upprätthålla naturvärden (Grönlund m.fl., 2020) *. Det saknas underlag för att göra

detaljerade utlåtanden om hur stora volymer som kan tas tillvara från dessa arealer, utan negativ inverkan på markernas naturvärden men en uppskattning av storleksordningen är möjlig. Utifrån klassificeringar av dessa arealer gjorda av Grönlund m.fl. (2019) och intervjuer med ansvariga för naturvårdande skötsel i Grönlund m.fl. (2020) * presenteras ett antal uppskattningar av Grönlund (2020) *. Dessa uppskattningar landar i att totalt mellan 25 000–35 000 ha NS-områden behöver åtgärdas årligen och att uttaget från dessa områden är i storleksordningen 50-100 m³sk per ha vilket i sin tur skulle resultera i ett årligt uttag på 1,5-3,0 miljoner m³sk. Utöver detta har Riksskogstaxeringen bedömt den årliga avverkningen på skogsmark inom formellt skyddade områden till cirka 0,5 miljoner m³sk (Nilsson m.fl., 2022), vilket är en delmängd av de volymer som ingår i den siffra som skattades av Grönlund (2020)*. Volymer från naturvårdsåtgärder är att betrakta som lågvärdesträd men det är däremot inte sagt att denna volym har ett lågt värde. I områden med akut behov av NS blir uttaget såväl timmer som massaved och skogsbränsle, ofta av gran.

3. Vad kan biomassan i lågvärdesträd användas till?

När intresset i samhället ökar för att ersätta fossila material och energikällor med förnyelsebara så lyfts skogens centrala roll för att möjliggöra övergången till en hållbar och cirkulär biobaserad ekonomi (Regeringskansliet, 2020; Sachs m.fl., 2019; Svebio, 2020). I kapitel 2 kunde vi konstatera att det finns en stor biomassapotentia från lågvärdesträd. Träden från NS-åtgärder med större dimensioner används som timmer och massaved. Uttag av grot från NS-åtgärder kan ske ifall det inte förväntas ha en negativ effekt på miljö eller biologisk mångfald (Jonsell & Hedin, 2009). Träd som är för klenta för timmer och massaved från NS-åtgärder, infrastrukturavverkningar och produktionsskog (klenta första gallringar) kan skördas och användas till energiproduktion (eldning) vid värme- och kraftvärmeverk. Klentråd utgör också en råvara som skulle kunna användas i termokemiska, kemiska och biokemiska processer i nya bioraffinaderier för framställning av nya produkter så som flyttande biodrivmedel (Ekbom m.fl., 2021; USDA, 2016). Uttag av träddelar i produktionsskog medför uttag av näringsämnen i ett skede då tillväxten i skogen är hög, vilket gör att det kan ha en tillväxthämmande effekt (Helmisaari m.fl., 2011). Denna effekt är oönskad i produktionsskog, men däremot önskvärd i avverkning av lågvärdesträd i infrastrukturobjekt. Åtminstone under antagandet att åtgärderna inte är lönsamma och att sänkt tillväxt minskar behovet av återkommande åtgärder.

Avverkning av lågvärdesträd på igenväxande infrastrukturmarker är en viktig del av underhållet för att säkerställa både funktionalitet och säkerhet på kort och långt sikt (Skogskunskap, 2016; Svenska Kraftnät, 2020; Trafikverket, 2019). Røjning förbättrar framkomlighet och sikten på vägar, vilket ökar trafiksäkerheten. Bärigheten förbättras också om vägen kan torka upp snabbare, som en effekt av bättre dränering och ökad solstrålning efter røjningen (Edlund, 2009; Forsberg, 2010). Røjning av kraftledningsgator är avgörande för energisäkerhet och för att säkerställa funktionaliteten på elledningar. Avverkning av lågvärdesträd i åkerkanter har en liknande effekt som avverkning på vägkanter och skapar förutsättningarna för en ökad tillväxt på odlingarna tack vare den ökade solstrålningen.

3.1 Nuvarande användning av klenråd för bioenergi

Under 2020 var produktion av träddelsflis i Sverige 0,6 TWh (Energimyndigheten, 2022b), vilket motsvarar cirka 1 procent av den sammanlagda produktionen av primära och sekundära skogsbränslen (49 TWh). Detta är den lägsta siffran som rapporterats sedan statistiken började föras 2013, som också var året med den största produktionen (2,3 TWh). Man kan konstatera att nuvarande användningen av klenråd utgör en väldigt liten andel (ca. 3 %) av den totala potentialen (ca. 20 TWh) som rapporterades i Kapitel 2. Jämfört med Sveriges totala energiförbrukning under 2019 som var 369 TWh (Energimyndigheten, 2022a) så är 20 TWh en stor resurs. Motsvarande siffror för grotflis från slutavverkningar i 2020 uppgick till 7,8 TWh (Energimyndigheten, 2022b), vilket motsvarar cirka 27 procent av den beräknade grot-potentialen i SKA15 (Claesson m.fl., 2015).

3.2 Lågvärdesträdens virkesegenskaper

Lågvärdesträd är inte ett begrepp som utgår från trädets egenskaper utan från växtplatsen. Detta gör att det blir svårt att uttala sig generellt om virkesegenskaperna i lågvärdesträd, men rent allmänt är det värt att påpeka att kvalitet är subjektivt och beror på användare och användning (Agestam m.fl., 2022). Tittar man på trädslagsfördelningen av avverkade levande träd i Sverige står gran för 56 procent av den avverkade volymen, tall för 33 procent och lövträd för 11 procent (Nilsson m.fl., 2022). Avverkade lågvärdesträd utgörs ofta av gran vid NS-åtgärder (Grönlund m.fl., 2020) *. Vid avverkning av sly längs infrastrukturobjekt, igenväxta jordbruksmarker och i klana gallringar i produktionsskog är det huvudsakligen däremot lövträd (framför allt al, asp, björk, rönn och sälg) med en varierande förekomst av barrträd (Fernandez Lacruz, 2019; Iwarsson Wide, 2009a, 2009c).

Iwarsson Wide m.fl. (2022) * har kartlagt hur lågvärdesträd kan användas som råvara i termokemiska, kemiska och biokemiska processer i nya bioraffinaderier för framställning av nya produkter, till exempel biodrivmedel, biogas, biokol och vätgas. Syftet med studien var att medvetandegöra leverantörer om möjliga uttag och avsättningar för lågvärdesträd i syfte att stimulera dessa uttag genom att ta fram grunderna till en kravspecifikation för olika användningsområden och avsättningar av lågvärdesträd. Underlag för studiens kravspecifikation togs fram genom litteratursammanställningar och intervjuer med forskare och experter med verksamhet eller försöksverksamhet där de olika tillverkningsprocesserna användas.

Stamvedsflis med hög juvenilvedsandel, som är den främsta andelen vid uttag av lågvärdesträd, förutspås kunna spela en stor roll för användning i framtagandet av andra produkter och material. Det råder dock oklarhet om vilka egenskaper som efterfrågas, hur de kan hanteras i dessa tillverkningsprocesser och vilka krav som ställs på slutprodukterna.

Även om frågan om vad lågvärdesträd kan användas till är komplex så finns det några tendenser (Figur 1). Exempelvis är klana träd och sly lämpligast till torrefiering efter nedtorkning, samt i olika kemiska eller biokemiska processer. Kan man lösa förtorkning av materialet i samband med den övriga processen är även förgasning ett alternativ.

	Blanda trädslag	Föroreningar	Färskt/lagrat	Fraktioner	Fukthalt
Termokemiska processer					
<i>Förgasning</i>	Går bra att blanda	Metaller är skadligt	Lagrat / Torkat	Relativt fina fraktioner, inte för mkt variation	Fukthalter; 10-20 %
<i>Pyrolys</i>	Inte för mkt extraktiv- ämne, gärna löv	Känsligt för föroreningar	Lagrat / Torkat	Mkt små fraktioner och homogent material	Fukthalter; <10 %, jämn fukthalt
<i>Torrefiering</i>	Går bra att blanda	Okänsligt för föroreningar	Torkat	Flis funkar bra, helst homogent material	Fukthalt ca 10 %
<i>Pelletering</i>	Går bra att blanda	Föroreningar skadar utrustningen	Torkat	Fraktioner ca 4-6 mm, homogent material	Fukthalt ca 10 %, homogent
Kemiska processer	Helst inte	Undvik bark och grenar, känsligt för föroreningar	Helst färskt	Homogent	Känd och inte för torrt, stabil fukthalt
Biokemiska processer <i>t.ex jäsnings</i>	Funkar	Relativt okänsligt för föroreningar	Helst färskt	Mindre partiklar, ok med fin flis, homogent	Inte för torrt, men ok med fuktvariationer

Figur 1. Sammanställning av kravspecifikation för användning av klens träd i olika industriprocesser. Grönt = fungerar bra, Gult = finns en del utmaningar, Orange= inte optimalt, finns en del problem.

4. Vilken är climateffekten av att använda biomassa från lågvärdesträd?

Ågren m.fl. (2022) * har studerat vilka fossila utsläpp som är kopplade till avverkning av lågvärdesträd. Beräkningarna omfattade utsläpp till följd av avverkning, skotning, sönderdelning, vägtransporter, samt konstruktion och underhåll av de skogsbilvägar som behövs för att kunna nå objekten. För avverkning och skotning användes generiska data för skogsbruk. Effektiviteten i skogsbruksåtgärderna korrigerades med avseende på uttag av lågvärdesträd. Bränsleåtgången beräknades utifrån avverkning på en hektar och hantering av den genomsnittligt producerade biomassan. De objekt som studerats är lågvärdesträd med ursprung i NS-bestånd, vägkanter, kraftledningsgator, åkermark, samt en jämförande beräkning för konventionellt uttag av grot från slutavverkningar. Resultaten visar att konventionellt uttag av grot genererar lägst utsläpp, men beroende på skotnings- och transportavstånd kan resultaten för NS-bestånd, vägkanter och åkermark hamna i samma storleksordning. NS-bestånd, vägkanter och åkermark genererar för liknande skotnings- och transportavstånd mellan 2,5 och 7,5 procent högre utsläpp jämfört med grot, medan lågvärdesträd från kraftledningsgator i det fallet genererar runt 30 procent högre utsläpp. Detta beror främst på långa skotningsavstånd i terrängen.

I ett nästa steg jämfördes utsläppen kopplade till produktion av fossil olja, trädbränsle, bioolja och hushållsavfall med resultaten från lågvärdesträd och grot. Viktigt att tänka på är att det endast är själva framställandet av bränsle som studerats, och inte förbränningen av detsamma. De utsläpp som härrör från lågvärdesträd och grot är i samma storleksordning och motsvarar var för sig mindre än 5 procent av de utsläpp som kommer från framställande av hushållsavfall eller av bioolja.

Sammanfattningsvis kan sägas att tillvaratagandet av lågvärdesträd visserligen kan vara mer energikrävande än att utnyttja grot, men då lågvärdesträden inte kräver markberedning eller röjning innan avverkning kan det vara motiverat att hantera dem som komplement, åtminstone för korta till medellånga transportavstånd. Även om beräkningarna på lågvärdesträd visar goda resultat vad gäller utsläpp, ekologi och miljönytta kan tillvaratagandet av dem hämmas av de förväntade höga produktionskostnaderna. Detta får till följd att NS-åtgärder och biomassauttag från andra områden med lågvärdesträd förmodligen inte görs i den utsträckning som skulle kunna vara motiverat av de andra nyttor detta skulle få till följd.

5. Hur inverkar avverkning av lågvärdesträd på biologisk mångfald?

Det återkommande behovet av att avverka lågvärdesträd i infrastrukturobjekt har lyfts som en stor möjlighet att gynna biologisk mångfald. Den biologiska mångfalden i skog och landskap är i många avseenden hotad och flera arter som är beroende av och kopplad till mer öppna områden har allt svårare att sprida sig och fortleva. Omkring hälften av de rödlistade arterna i Sverige är kopplade till odlingslandskapet. Igenväxning av öppna landskap, intensivt brukande respektive exploateringar har lett till att ängs-, hag- och naturbetesmarker blir alltmer sällsynta, vilket har negativ påverkan på biologisk mångfald. Därför kan vägkanter, kraftledningsgator och järnvägsbankar få en stor betydelse som öppna miljöer i den gröna infrastrukturen. Dessa marker hålls öppna utan hårt brukande. Studier har visat att ofta är dessa infrastrukturobjekt lika värdefulla för den biologiska mångfalden som ängs- och hagmarker och kan därför vara ett värdefullt komplement till de hotade miljöerna. Ofta krävs dock en del anpassningar och aktiv skötsel för att skapa rätt förhållanden. Idag pågår flera olika projekt kopplat till både vägar (Trafikverket) och kraftledningsgator (Svenska kraftnät). Men bland annat inverkar klimat, jordmån och den angränsande miljön på vilka arter som förekommer vid sidan av vägen. Redan idag läggs stora resurser på att hålla dessa infrastrukturobjekt öppna och genom en del förändringar kan skötseln av dem anpassas för att ytterligare gynna biologisk mångfald.

Den sammanlagda arealen vägkanter, järnvägsbankar och kraftledningsgator omfattar cirka 400 000 ha. Dessa arealer, i kombination med andra och större öppna ytor längs dess sträckningar, kan tjäna som spridningskorridorer för flera av de hotade arterna och andra arter som trivs i denna typ av öppna och ofta ganska näringsfattiga miljöerna. Flertalet av de arter som är knutna till olika infrastrukturobjekt är beroende av öppna, solljusa och vanligen även näringsfattiga miljöer. Detta gör att de gynnas av återkommande avverkning och röjning av sly. För att behålla den näringsfattiga marken bör även sly och småträd avlägsnas för att undvika gödslings effekter. Detta gör att skötsel gärna kombineras med uttag av biomassa, vilket även kan ge en kostnadstäckning för skötselåtgärderna.

Daniel-Ferreira m.fl. (2022) undersökte komplexiteten i att vägkanter ofta sköts på ett sätt som är gynnsam för floran och därmed många insekter, samtidigt som vägen i sig är en barriär som är svår att passera för många av dessa arter. Daniel-Ferreira m.fl. (2020) konstaterar att det verkar finnas stöd för att större förekomst av kraftledningsgator i ett landskap är positivt för flora och mångfald bland insekter. Effekterna är däremot svåra att skatta med säkerhet och såväl i vägkanter som i kraftledning gynnas den biologiska mångfalden av regelbundna åtgärder och att det avverkade materialet inte lämnas på marken (Daniel Ferreira, 2021). Skogsbilsvägnätet och kraftledningar skulle troligen kunna tjäna som en viktig helhetsmiljö och sammanlänkande områden för krävande ljuskrävande arter om de sköts på ett anpassat sätt. På så sätt skulle de kunna vara ett viktigt bidrag till den biologiska mångfalden i omgivande landskap (Runesson 2012; Jordbruksverket 2017; Berg m.fl. 2015; Berg m.fl. 2016; Svensson m.fl. 2016; Ecogain 2021).

Övergångszoner mellan skogs- och jordbruksmark är en miljö som kan se ut på många olika sätt. Ibland är det en tvär kant med högvuxen gran där skogen möter åkern, ibland utgörs zonen av en mer uppluckrad struktur med buskar och lövträd i olika ålder och

olika arter, med inslag av öppen mark. Variationsrika brynmiljöer är viktiga livs- och födosökmiljöer för växter, djur och svampar. I dag karaktäriseras kanterna mellan skogs- och jordbruksmark i många fall av skarpa övergångar. Enligt analyser av data som samlas in via Nationell inventering av landskapet i Sverige (NILS) så har ungefär hälften av skogskanterna en tvär övergång mellan skogs- och jordbruksmark. I tidigare studier föreslås några exempel på anpassade skötselåtgärder:

- Utglesning eller luckhuggning i närliggande bryn och skog för att få in mera ljus. Gäller främst i de delar som gränsar mot uppväxande skog och i första hand bör man gynna ljusinsläpp från söder och där vägbredd och kraftledningsgator är som bredast och mest öppna.
- Gynna lövträd, gamla träd och buskar i brynområden. Åtgärden gäller i alla skogliga faser från hygge till slutavverkningsbar skog. Äldre skogsbilvägar kan ha mycket värdefulla bryn, särskilt om de gränsar mot tidigare brukad mark som hagar eller åkrar.
- Hålla öppet i igenväxningsmarker kring tidigare inägor och bebyggelse.
- Skrapning av vägkanter som gynnar succession utan att slå ut befintlig växtlighet.
- Rövning eller ryckning av sly och buskar i vägkanter. Undvik kättingrövning där biomassan lämnas kvar och i stället göder marker. Det leder ofta till täta mattor av vegetation med motsatt effekt.
- Skapa variationsrika bryn med övergångszoner mellan öppen mark och skog.
- Anpassning av tid för vägkantsslätter och rövning i ledningsgator samt järnvägsbankar.
- Tidsbegränsningar för virkesupplag längs med artrika vägkanter.

Resultat från Felton m.fl. (2020) indikerar att ökade mängder lövskog och blandskog med lövträd i virkesproduktionsmark kan skapa miljöer för hotade arter och öka utbudet av andra ekosystemtjänster. Skogsbrynen har därför förutsättningarna att ha en högre biologisk mångfald än områden längre in i skogen eftersom de får mer solljus, men NS kan behövas för att bibehålla eller utveckla naturvärdena.

Fernandez-Lacruz och Fredriksson (2022) * redogjorde för resultat från en inventering efter en NS-huggning (utglesning av gran) som genomfördes i ett skogsbryn år 2018 för att skapa en solbelyst miljö och gynna lövträd, buskar och annan bottenvegetation. Målet med vår studie var att identifiera och kvantifiera samband som uppkom mellan biodiversitet och uttag av gran, och jämföra med närliggande skogsområden. En inventering av det kvarstående beståndet och bottenvegetation utfördes under våren 2022 i det åtgärdade skogsbrynet och närliggande skogsområden. Studien utfördes i Bredviks demonstrationspark, som tillhör och förvaltas av Skogssällskapet, norr om Rimbo i Norrtälje.

Studien konstaterade att NS-huggningen längs skogsbrynet skapade en solbelyst lövrik miljö med förutsättningar att inneha en högre biodiversitet. Det totalt artantalet var högre i det behandlade skogsbrynet än i jämförelseområdena, men varken skillnader i artantal eller diversitet kunde statistiskt fastställas. Det gick att urskilja små skillnader i artsammansättningen mellan delområden. Trots att virkesproduktionen inte var målet med NS-huggningen, uppskattades ett virkesuttag på 81 m³fub per hektar, med en avverkad medelstamvolym på 0,113 m³fub. Detta betyder att virkesuttaget kan medföra en kostnadstäckning på vissa NS-åtgärder och även ge ett positivt netto, om relativt höga volymer per hektar tas ut och stora träd kan avverkas.

En slutsats av studien är att det kan behövas längre perioder för att följa upp och mäta effekterna på biologisk mångfald efter denna eller andra typer NS-åtgärder, vilket gör kvantifieringen av måluppfyllnadsgraden svår.

6. Vad kostar det att avverka lågvärdesträd?

Beroende på typ av åtgärd och trädstorleken, kan avverkningen av lågvärdesträd ske motormanuellt med en röjsåg eller motorsåg, maskinellt med kättingslagor (monterade på en traktor eller hjullastare) eller röjaggregat (med en traktor, grävmaskin eller skördare som basmaskin). Avverkning kan också genomföras maskinellt med ett fäll-/skördaraggregat (med flerträdshantering) monterat på en skördare eller grävmaskin.

6.1 Vad kostar infrastrukturavverkningar?

Begreppet lågvärdesträd har tillkommit för att benämna en biomassaresurs som ofta inte är ekonomiskt lönsam att tillvarata. Men variationen är stor. I samband med ett ökande intresse för industriell användning av skogsbränsle sen slutet på 90-talet (Hakkila, 1989; Lehtikangas, 1998), genomfördes många undersökningar av kostnader för avverkning av olika typer av lågvärdesträd och tekniska lösningar för att öka effektiviteten i försörjningskedjor. Det har gjorts tidsstudier vid avverkningar i kraftledningsgator (Fernandez-Lacruz m.fl., 2013), vägkanter (Iwarsson Wide, 2009a, 2009b; Laitila & Väätäinen, 2020), igenväxande jordbruksmarker (Fernandez-Lacruz & Bergström, 2015) och klena första gallringar (Bergström m.fl., 2022; Iwarsson Wide m.fl., 2021), och även simuleringar för hela försörjningssystem (Eriksson, 2016; Fernandez-Lacruz m.fl., 2020). Sammanfattningsvis kan sägas att de ekonomiska marginalerna vid försörjning av klena lågvärdesträd är små och åtgärder är i många fall inte ekonomisk lönsamma med nuvarande energipriser för skogsbränslen. Samtidigt är det svårt att få fram bra underlag för att göra prognoser av uttagen vilket ytterligare ökar risken och komplicerar den ekonomiska kalkylen.

I studien av Fernandez-Lacruz och Ene (2022)* kunde man konstatera att de relativt små trädstorlekarna och den låga biomassakoncentrationen skulle ge höga avverkningskostnader på grund av den låga produktiviteten vid avverkning. Detta, i kombination med rådande priser på skogsflis, medför att lönsam skörd inte är möjligt. De ekonomiska kalkylerna genomfördes med det webbaserade verktyget ”Lönsamhet vid avverkning av sly” (Grönlund, 2021)*. Det kan således förväntas att konventionell praxis för väggkantsröjning (kättingslagor monterade på traktorer) utan biomassauttag, kommer att fortsätta användas, om det inte sker en rejäl ökning av flispriserna och framsteg inom avverkningstekniken som ökar kostnadseffektivitet. Det finns också möjlighet att sänka kostnaderna genom samordning med jordbruket, som också hanterar denna typ av små flöden (Iwarsson Wide m.fl., 2022).

6.2 Vad kostar naturvårdsåtgärder?

I naturvårdsåtgärder är det mer komplext att generalisera åtgärden och det är tydligt uttalat att även om naturvårdsåtgärder inom frivilliga avsättningar inte ska beakta ekonomin i åtgärden, är det naturvärden som ska avgöra om och hur åtgärder utförs.

Fernandez-Lacruz m.fl. (2022) * genomförde en studie för att kvantifiera tidsåtgången i mekaniserade NS-åtgärder med skördare. Som underlag användes skördardata från NS-åtgärder utförda i 14 frivilliga avsättningar tillhörande en stor markägare (aktiebolag) i Jämtland och i Västernorrland. Eftersom det är stor variation i produktivitet mellan maskiner och förare användes ett jämförelsematerial med skördardata från konventionella slutavverkningar för samma skördare, entreprenörer och verksamhetsområde. Utöver skördardata användes också traktordirektiven,

inventeringsdata efter skörd, fältbesök till ett urval av trakterna samt skogliga grunddata för att beskriva de olika bestånd och identifiera målbilder med NS.

NS-bestånd grupperades i fyra kategorier beroende på målbilder: ”barrblandskog”, ”lövrik barrnaturskog”, ”lövdominerad/lövrik skogsmiljö” och ”solbelyst tallskog”. Analyserna visade att tidsåtgången per avverkade träd vid NS-huggningar var mellan 10–40 procent högre än motsvarade slutavverkning, givet samma medelstamvolym och maskinstorlek. Utöver medelstamvolymen och maskinstorleken, påverkades tidsåtgången markant av målbilden, eftersom den styrde utförandet av NS-åtgärder. Mestadels bestod uttaget av gran, med en mindre andel tall (beroende på målbilden). Utöver arbetsmomenten ”fällning” och ”aptering” i skördarens arbetscykel, ingick specifika arbetsmoment för NS, såsom skapande av liggande död ved, högstubbar, kulturstubbar, katning och ringbarkning. Dessa arbetsmoment kan förklara den högre tidsåtgången i de studerade NS-åtgärderna. Resultaten förväntas kunna implementeras för att uppskatta kostnader av mekaniserade NS-åtgärder i praktiken, om man utgår från en prestationsnorm vid slutavverkning och gör ett påslag på tidsåtgången (beroende på typ av NS åtgärd och målbild, medelstamvolym, och storlek på skördare).

Utöver naturvårdsåtgärder som genomförs uteslutande i syfte att gynna biologisk mångfald, finns många typer av åtgärder som syftar till att uppnå fler effekter och värden än att maximera intäkterna från virkesförsäljning. Hyggesfria metoder kan betyda många olika åtgärder, men används ofta som ett samlande begrepp för denna hållning, även om vissa hyggesfria metoder utvecklats för att öka lönsamheten (Appelqvist m.fl., 2021).

Eliasson m.fl. (2020) * undersökte produktivitet och kostnaderna för ”ruthuggning” i ett schackrutemönster där hälften av rutorna avverkades. Genom att tillämpa samma metod som i Fernandez-Lacruz m.fl. (2022) * samlades data in från ett skördarlag vid avverkning av 80 luckor som var 30 x 45 m samt ett jämförande material från konventionell slutavverkning. Vid en medelstam på 0,49 m³fub var produktiviteten 15,3 procent lägre för luckhuggningsmetoden jämfört med vid konventionell slutavverkning. Produktivitetssänkningen påverkades av medelstamsvolymen och den relativa produktiviteten ökar från 80 procent vid en medelstam på 0,3 m³fub till 86 procent vid en medelstam på 0,6 m³fub. Skotarens produktivitet påverkades negativt av den ökade mängden körning som oundvikligen blir följden av ruthuggningen och var 9,3 procent lägre än vid jämförbar slutavverkning. Den ekonomiska kalkylen visade att i detta exempel var avverkningskostnaderna 15 procent högre i ruthuggning än i konventionell slutavverkning.

Grönlund och Eliasson (2019) studerade ytterligare en metod som ingår i begreppet hyggesfritt, björkskärmar. Skötselmetoden används huvudsakligen på områden där föryngringen är utmanande (främst p.g.a. risk för nattfrost och kraftig konkurrens från markvegetation) men har även lanserats som en metod för att öka variationen i landskapet samtidigt som det kortar ner den period då hygget upplevs som en kal yta. I studien genomfördes tidsstudier vid avverkning och skotning av björkskärmar under olika förhållanden. I studien konstaterades att denna typ av avverkning följer tidigare nämnda mönster, att den avverkade medelstammens volym är avgörande för produktiviteten. Avverkningen av björk skiljer sig inte stort från avverkning av gran med liknande volym. I studien undersöktes också förekomst av skador på de små granar som växte på ytorna, som ska bli det framtida beståndet. Bland de kvarvarande granarna var 7–17 procent skadade och på samtliga ytor bedömdes det finnas ett fullgott bestånd av oskadade granar efter åtgärd

7. Varför utförs inte naturvårdsåtgärder i större omfattning?

Avverkning av lågvärdesträd skapar ofta ett ekonomiskt värde som är lägre än värdet av att åtgärden utförs. I vissa typer av avverkningar finns strukturer för att inkludera detta värde i kalkylen, medan det saknas i andra lägen.

Naturvårdande åtgärder kan göras i flera typer av områden. Det finns behov av naturvårdsåtgärder både inom formellt skyddade områden som förvaltas av samhället, och inom frivilligt skyddade områden som förvaltas av privata markägare. Det finns ca 0,6–1,1 miljoner ha produktiv skogsmark som identifierats vara i behov av återkommande NS-åtgärder. Delar av detta finns inom frivilliga avsättningar och annat inom formellt skyddade områden. Certifieringen ställer krav på att de frivilliga avsättningarna sköts enligt skogsbruksplanen och igenväxning är den främsta orsaken till arter rödlistas (Eide m.fl., 2020). Trots detta utförs inte NS i den omfattning som vore nödvändigt för att undvika negativa effekter på den biologiska mångfalden.

Grönlund m.fl. (2020) * genomförde intervjuer med personer som arbetade med NS i syfte att kartlägga anledningar till att naturvårdande skötsel inte utförs och kunde konstatera att det finns många saker som uppmuntrar NS men att det finns ännu fler hinder. Studiens resultat pekar på att det som uppmuntrar NS i frivilliga avsättningar är främst certifieringens krav på åtgärder samt ett personligt engagemang hos de som är inblandade i processen. Utförandet begränsas däremot av osäkerhet gällande kostnader, oro för kritik för att ha gjort fel åtgärder och organisatoriska hinder i kedjan från det att ett skötselbehov ska identifieras och att åtgärden sedan ska utföras. Intervjustudien hade en bred ansats och syftade huvudsakligen till att identifiera en bredd av faktorer men gick däremot inte in i detaljer i de olika faktorerna.

Johannesson m.fl. (2021) * genomförde workshops och enkäter med deltagare från Skogsstyrelsen samt en skogsägarförening. Frågeställningarna fokuserade på olika aspekter kopplat till varför naturvårdande skötsel inte genomförs i den omfattning som många anser tillräckligt. Grönlund m.fl. (2020) * identifierade ett flertal olika faktorer som troliga orsaker, exempelvis tidsbrist, bristande kunskap om kostnader och rädsla för kritik. I detta arbete var syftet att stärka eller dementera dessa påståenden genom att använda en modell för dilemmahantering. Resultatet visar att de tidigare påståendena till stor del stämmer, men i arbetet framkommer även en mängd olika förslag på lösningar samt en djupare insikt i det som kan kallas för "organisatoriska flaskhalsar". Resultatet ger även en tydlig uppmaning till skogsnäringen att man behöver satsa tid och resurser för att förbättra situationen framåt.

Fernandez-Lacruz och Grönlund (2022) * genomförde en studie för att öka kunskapen om hur prioriteringen av områden med behov av NS sker idag i Sverige, och identifiera möjligheter som kan bidra till att öka omfattningen av NS i framtiden. Inom studien skickades två digitala enkäter till praktiker som jobbar med NS-frågor inom myndigheter, aktiebolag, skogsägarföreningar och andra markägare. Huvuddelen av respondenterna var antingen inspektorer, naturvårdsspecialister eller handläggare. Trots olika organisationstillhörigheter, befattningar och verksamhetsområden var respondenterna eniga om att faktorerna och egenskaperna knutna till naturvärdena har den allra största betydelsen för prioritering av områden att utföra NS. Organisatoriska faktorer och även faktorer relaterade till skogens sociala värden lyftes också som viktiga i

prioriteringsarbetet. I enlighet med definitionen av NS där naturvärden ska prioriteras framför virkesproduktionen, rankades ekonomisk lönsamhet av NS som en faktor med en låg betydelse, även om det var stora skillnader mellan respondenter inom olika organisationer. Detta tyder på att man inte genomför NS för pengarnas skull, men en kostnadstäckning på åtgärderna är alltid välkommet. Ekonomiskt stöd åt enskilda markägare kan vara ett incitament för att öka antalet NS som genomförs. Däremot vid NS-åtgärder hos enskilda skogsägare är markägarens avsikter med sitt skogsäggande och den rådgivande tjänstepersonens engagemang som avgör om NS utförs eller inte. Kraven på NS i certifieringsstandarderna visades också vara en motivation för att utföra NS bland aktiebolag och skogsägarföreningar. Denna studie visar på den stora variation som finns i det praktiska arbetet med NS och i typerna av områden som idag prioriteras i Sverige, vilket gör det omöjligt att systematisera arbetet med prioriteringsordningen. Vägen framåt för att öka antal och omfattning på NS kan handla om kompetensförsörjning genom riktade utbildningar, utbyte av erfarenheter mellan organisationer, standardisering av kommunikationen i NS-beslutskedjan och samplanering av NS-åtgärder på landskapsnivå snarare än på fastighetsnivå.

8. Vad kan samhället göra för att uppmuntra avverkning av lågvärdesträd?

Skogen är en källa till många ekosystemtjänster, vilket Millennium Ecosystem Assessment (2005) definierar som nyttor som människor får från ekosystem. Pettersson m.fl. (2017) bedömde status för 30 ekosystemtjänster i svenska skogar och konstaterade att tio hade god status, för sju var utvecklingen negativ medan för resterande tretton rådde ett mellanting. Pettersson m.fl. (2017) lyfter behovet av såväl bättre data som tydligare politisk styrning för att säkerställa en hållbar utveckling av skogens samtliga ekosystemtjänster.

En definition av styrmedel inom miljöpolitik är att ”Staten använder styrmedel för att få individer och företag att ta större hänsyn till de oavsiktliga effekter, även kallade externa effekter, som deras val orsakar. Styrmedel syftar till att förändra hur aktörer väljer att fatta beslut, så att individer och företag gör åtgärder som förbättrar miljön” (Naturvårdsverket, 2022). Begreppet styrmedel är stort och omfattar exempelvis både marknadslösningar och icke-marknadsbaserade lösningar men också lösningar som tillkommit på offentligt initiativ och lösningar initierade av marknadens aktörer.

8.1 Vad kan samhället göra för att uppmuntra naturvårdande skötsel?

I Sverige uppmuntrar samhället naturvårdande skötsel på flera sätt. Inom formellt skyddade områden har såväl Skogsstyrelsen som Länsstyrelserna i uppdrag att utföra naturvårdande skötsel. Skogsstyrelsen har dock först på senare år fått en uttalad budget för detta, då det tidigare har rymts inom samma pott som finns för upprättandet av nya skyddade områden (Grönlund m.fl., 2020)*. Hos privata markägare är certifieringen genom FSC (2020) och PEFC (2017) starka drivkrafter till inrättandet av frivilligt skyddade områden (Keskitalo & Liljenfeldt, 2014). Certifierade markägare har ett krav på sig att avsätta minst 5 procent av den produktiva skogsmarken i det som kallas frivilliga avsättningar, ett samlingsnamn för NS- och NO-områden. Som certifierad skogsägare har du ett krav att följa din skogsbruksplan, vilket med andra ord betyder att du förväntas utföra NS ifall planen föreskriver det.

Det finns bidrag från Skogsstyrelsen, Nokås-bidrag, som täcker en del av kostnaderna för att genomföra vissa NS-åtgärder. Inom Nokås-bidragen finns klagjort vilka åtgärder som ges stöd och hur stödet ska prioriteras. Skogsstyrelsen erbjuder rådgivning till den som söker stöd och genomför efter utförd åtgärd en kontroll, varpå bidraget betalas ut. Roth m.fl. (2015) gjorde en analys av Nokås och konstaterade att bidraget bidragit med mycket nytta, men samtidigt var svårt att med säkerhet säga att det uppnådde sitt mål. Det konstaterades att beloppen som beviljas inom Nokås är relativt små, medianbeloppet var 3 640 kr och 80 procent av alla stöd som betalades ut var lägre än 10 000 kr. I och med att en stor del (43 %) av resurserna för Nokås användes för administration föreslog Roth m.fl. (2015) inrättandet av mindre administrativt krävande stöd. Sedan dess har Skogsstyrelsen haft stödet 'Skogens miljövården' (Skogsstyrelsen, 2022). Detta har haft ett enklare förfarande och omfattat fler typer av åtgärder, men kommer troligtvis inte att förlängas efter 2022-12-31.

Trots höga ambitioner och existerande medel för att uppmuntra NS-åtgärder finns det ett stort behov av mer skötsel. Den svenska skogspolitiken bygger sedan mitten av 1990-talet på principen om "frihet under ansvar" (Lindh m.fl., 2017) och detta ska säkerställa att produktion och miljö ges lika stor tyngd. Men det finns anledning att ifrågasätta om detta verkligen är tillräckligt för att nå Sveriges ambitiösa miljömål (Danley m.fl., 2021). Det finns exempel hos såväl myndigheter som privata markägare på strategier och målsättningar kopplade till NS. Men i och med att målsättningar kopplade till bevarandet av biologisk mångfald också är nationellt så kan det anses finnas behov av införande av ytterligare styrmedel som uppmuntrar naturvårdande skötsel.

Grönlund och Iwarsson Wide (2022)* genomförde en studie i syfte att kartlägga möjliga styrmedel som kan uppmuntra öknings av mängden NS-åtgärder som utförs i Sverige, samtidigt som effekterna på samhällets kostnader för åtgärderna beaktas. Arbetet genomfördes i tre steg; 1) En kartläggning av styrmedel och lösningar som tillämpas för inrättande av skyddade områden, 2) en mer omfattande sammanställning av studier i Sverige av anledningarna till att NS inte utförs i större omfattning och 3) en kombination av de teoretiska modellerna med genomförda studier om NS för att utveckla idéer på styrmedel som skulle kunna bidra till att större områden med NS-åtgärder utförs.

Sammanfattningsvis pekar Grönlund och Iwarsson Wide (2022)* ut fyra vägar framåt som kan leda till ökad omfattning av NS i Sverige, som bör utvärderas vidare: 1) Ökat fokus på att kraven i certifieringen efterlevs, 2) Mer ekonomiskt stöd för NS-åtgärder, med enklare administration, 3) Mer rådgivning och utbildning till alla berörda parter om såväl värdet av åtgärderna som hur det på bästa sätt kan genomföras och 4) Närmare undersökning av möjligheterna för en marknad för ekologisk kompensation som omfattar NS-åtgärder.

8.2 Vad kan samhället göra för att uppmuntra avverkning av lågvärdesträd i infrastrukturåtgärder?

Avverkning av lågvärdesträd i infrastrukturmarker kan för det mesta väntas utföras eftersom det skapar nyttor som är tillräckligt stora för att den som förvaltar infrastrukturen (exempelvis vägghållare, rälsägare eller ledningsägare) inte vill riskera större kostnader från exempelvis minskade trafiksäkerhet, skador på tåg eller ledningar. Däremot gör dessa aktörer ofta kalkylen att det inte är ekonomiskt rationellt att ta tillvara biomassa från dessa avverkningar. Såsom visats i tidigare kapitel kan det handla om stora biomassapotentialer.

Avverkningen i dessa områden handlar oftast om klena träd vilket gör att tekniken som lyftes i kapitel 6 tillämpas även här, och det finns utvecklingsspår för att öka effektiviteten, och därmed sänka kostnaderna. Denna satsning på utveckling är en väg framåt för samhället, som blir ett sätt att driva på en kostnadsänkning för avverkning av alla klena träd. Parallellt måste det finnas en efterfrågan och marknad för klena träd för att utvecklingen ska gå framåt. Det som återstår är att, när ny teknik utvecklas, kommer det huvudsakligen leda till att de områden där biomassa idag tas tillvara gör det med större lönsamhet. Det finns såklart möjligheter till effekter på marginalen, men det finns en risk att effekterna i uttagna volymer inte blir allt för stora.

En alternativ lösning är inrättandet av ett stöd riktad specifikt till lågvärdesträd. Även om det kan uppfattas som svårt att administrera är det inte omöjligt att föreställa sig att biomassa från lågvärdesträd, enligt projektets definition, kan få en ekonomisk premie som betalas och ger en kostnadstäckning för biomassaskörden. Storlek på premien och detaljer om vilka områden som ska omfattas är inget som undersökts inom projektet.

Avverkning av lågvärdesträd i infrastrukturmarker har ju dessutom, som beskrevs i tidigare kapitel, ett värde för biologisk mångfald. Detta är ett värde som i dagsläget inte tas med i kalkylen. Iwarsson Wide (2022)* beskriver modeller för att kvantifiera och värdera detta genom s.k. ekologisk kompensation. Begreppet används när en aktör vill kompensera för negativa effekter denne skapat men samtidigt saknar möjlighet att återställa denna effekt inom egen verksamhet. Lösningen kan då bli att köpa krediter för påverkan från en annan aktör, i detta fall att ”köpa” den positiva effekten för biologisk mångfald av att infrastrukturavverkningar genomförs.

9. Hur ser framtiden ut för lågvärdesträd?

Potentialen för hållbar skörd av lågvärdesträd är mycket stor. Trots detta tas endast en liten andel tillvara. Som framgått av tidigare kapitel finns det många anledningar till detta. I detta kapitel gör vi en ansats att belysa det som vi tycker pekar mot, eller kan göras, för att öka användningen av denna resurs. Det handlar om produktionen av en resurs som, bortsett från bitvis höga försörjningskostnader, inte konkurrerar med produktionen av en annan råvara eller annan markanvändning, kräver relativt liten insatsenergi i förhållande till producerad energi, och kan även främja andra ekosystemtjänster såsom biologisk mångfald.

De globala finansmarknaderna har under sista åren förändrats i hög grad där hållbarhet har gått från att vara ett marginalfenomen till att bli huvudfokus. Under senare år har flera stora aktörer lagt om investeringsstrategier mot hållbarhet och fossilfritt. Sannolikt kommer fler företag och finansbolag följa, eftersom hållbara investeringar och affärsmodeller är mer lönsamma (Skogsstyrelsen, 2021). Utmaningen vid samtliga analyser är att med tillförlitliga data mäta de värden som faktiskt avses. Det finns påtagliga risker både med att ha ofullständiga data och att använda felaktiga mått. Eftersom uttaget av lågvärdesträd inte sällan begränsas av låg lönsamhet finns en potential att inkludera lågvärdesträd i de affärsmodeller som är under framtagande. Att bidra till att biomassa från exempelvis kraftledningar tas tillvara genom att betala ledningsägaren kanske kan uppfattas som tveksamt som en hållbarhetsinvestering. Men det är inte orimligt att hävda att det skapar nytta eftersom det kan leda till tillvaratagande av biomassa som annars skulle lämnats kvar, vinsterna blir både energiproduktion och på vissa platser gynnas samtidigt den biologiska mångfalden. Värdet för varje åtgärd kanske inte blir allt för stort, men kostnaden för den som köper denna kompensationsåtgärd bör rimligen inte heller vara allt för stor.

Skogens roll i att hindra klimatförändringarna lyfts också inom politiken. Betänkandet "Vägen till en klimatpositiv framtid" (Regeringskansliet, 2020) pekar på potentialen att öka upptagen och minska utsläppen av koldioxid genom att nyttja skogen. Lågvärdesträdens enda nytta när de växer är att de binder koldioxid. Men avverkningen och tillvaratagande av dem kan å andra sidan leda antingen till att andra träd lämnas för inbindning av koldioxid eller så bidrar de till att större volymer tas tillvara från skogen med substitutionseffekter som följd, exempelvis minskad konsumtion av fossila bränslen.

En av utmaningarna i att skapa en marknad för ekosystemtjänster i Sverige (med undantag för några såsom virkesproduktion och möjligen jakträtter) är att den som kompenserar en markägare för att denne ska gynna en ekosystemtjänst vill veta att ett resultat uppnås, med viss säkerhet. Och köparen vill kunna försäkra sig om att det som köpts är, enligt överenskommelse, beständigt och att nyttan inte säljs uppprepade gånger. Handeln med utsläppsrättigheter och/eller klimatkompensation har funnits en tid och det finns många lärdomar att dra från detta. Men en stor utmaning, som forskningen behöver fortsätta arbeta intensivt på, är att ta fram metoder för att kvantifiera och systematisera ekosystemtjänster. Det är först när detta finns som det på allvar går att göra ekosystemtjänsterna till en enhet som det går att köpa och sälja.

Avverkningen av lågvärdesträd skapar många värden, som det är intressant att forska och diskutera kvantifiering och värdering av. Men i sammanhanget får det inte glömmas bort att lågvärdesträd, som i stort sett består av klensträd, är en underutnyttjad energiresurs utan en märkbar industriell användning i nuläge. Det är en inhemsk energiresurs med en väldigt stor potential, både totalt och till ökning, som kan användas till produktion av

värme, el, biodrivmedel och andra förnyelsebara alternativ som kan ersätta fossilbaserade produkter. I en omvärld som präglas av stigande energipriser och osäkerhet, kan lågvärdesträd bidra till att säkerställa energiförsörjningen i Sverige och omställningen till en fossilfri, hållbar och cirkulär biobaserad ekonomi.

9.1 En vision för framtidens skogsbruk med flera mål

Grönlund (2020)* målar upp en vision för ett skogsbruk som gynnar en bredd av ekosystemtjänster. Denna vision bygger på att många motstridiga mål behöver hanteras. Om detta ska tillämpas på ett sätt som leder till största möjliga nytta för samhället behövs en levande debatt om vilka avvägningar mellan ekosystemtjänster som oundvikligen kommer att ske. Resultatet skulle kunna bli ett tillstånd där samtliga skogens ekosystemtjänster produceras på en nivå så att samhällsnyttan blir maximal. Denna vision kräver att ekosystemtjänster kan kvantifieras och värdet av dem inom olika områden kan jämföras. I visionen ingår också att tekniken utvecklats så att åtgärder kan utföras året om, om det behövs, utan markskador. Fjärranalys är också en central komponent för att samla in och delvis bearbeta data. Fältbesök ska sedan göras mer för att validera det som konstaterats i tidigare analyser. För att visionen ska kunna förverkligas krävs följande:

- Omfattande forskning på hur skogens ekosystemtjänster kan kvantifieras till acceptabla kostnader, avseende både kvalitet och kvantitet.
- En politisk debatt som bygger på 1) att det finns begränsningar avseende mängden nytta skogen kan producera, 2) att det finns åtgärder för att, inom rimliga gränser, öka denna totala kapacitet och 3) det finns inte ett "sant" värde på varje ekosystemtjänst, all förvaltning av skogsmark bygger på avvägningar och att det är dessa avvägningar som ska debatteras.
- Utvecklingen av beslutsstöd som kan förmedla komplexiteten i besluten, men samtidigt beskriva utfallen av olika alternativ.
- Framtagande av system för kommunikation mellan den som planerar skogliga åtgärder och den som faktiskt utför dem som kan förmedla komplexiteten utan att vara så komplicerat att det inte blir praktiskt tillämpbart.
- Kompetensförsörjning genom riktade utbildningar, utbyte av erfarenheter mellan organisationer och samplanering av NS-åtgärder på landskapsnivå (i stället av fastighetsnivå).

Publikationslista inom ramen för projektet

Eliasson, L., Grönlund, Ö., Lundström, H., & Sonesson, J. 2020. Harvester and forwarder productivity and net revenues in patch cutting. *International Journal of Forest Engineering*, 32(1), 3-10. <https://doi.org/10.1080/14942119.2020.1796433>

Fernandez-Lacruz, R., & Ene, L. T. 2022. Using ALS data for biomass estimations alongside forest roads - A case study in Uppsala Municipality. Uppsala. Skogforsk arbetsrapport 1134–2022. 43 s.

Fernandez-Lacruz, R., & Fredriksson, E. 2022. Naturvårdande skötsel i anslutning till infrastrukturobjekt - Effekter på bottenvegetation efter en naturvårdshuggning längs ett skogsbryn i Bredviks demonstrationspark. Uppsala. Skogforsk arbetsrapport 1129–2022. 21 s.

Fernandez-Lacruz, R., & Grönlund, Ö. 2022. Hur prioriteras den naturvårdande skötseln? Resultat från en enkätundersökning. Uppsala. Skogforsk arbetsrapport 1128–2022. 32 s.

Grönlund, Ö. 2020. Forest operations in multifunctional forestry. Umeå. Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, SLU. Avhandling nr 61, 2020. 91 s.

Grönlund, Ö. 2021. Lönsamhet vid avverkning av sly. Skogforsk. <https://www.skogforsk.se/produkter-och-evenemang/verktyg/lonsamhet-vid-avverkning-av-sly/> [2022-05-31]

Grönlund, Ö., & Iwarsson Wide, M. 2022. Styrmedel för att uppmuntra naturvårdande skötsel. Uppsala. Skogforsk kunskapsartikel 62–2022. <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2022/styrmedel-for-att-uppmuntra-naturvardande-skotsel/>

Grönlund, Ö., Erlandsson, E., Djupström, L., Bergström, D., & Eliasson, L. 2020. Nature conservation management in voluntary set-aside forests in Sweden: practices, incentives and barriers. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 35(1-2), 96-107. <https://doi.org/10.1080/02827581.2020.1733650>

Fernandez-Lacruz, R., Grönlund, Ö., Johannesson, T., Djupström, L. B., Söderberg, J., & Eliasson, L. 2022. Harvester time consumption in nature conservation management operations. Submitted manuscript to the *International Journal of Forest Engineering*.

Iwarsson Wide, M., Fernandez-Lacruz, R., & Grönlund, Ö. 2022. Förbrukarperspektivet på biomassa från klenta träd. Skogforsk kunskapsartikel 26–2022. <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2022/forbrukarperspektivet--pa-biomassa-fran-klenta-trad/>

Iwarsson Wide, M. 2022. Nya värdekedjor från skogen. Skogforsk. Uppsala. Skogforsk arbetsrapport 1113–2022. 31 s.

Johannesson, T., Norrby, B., & Fernandez Lacruz, R. 2021. Naturvårdande skötsel - påtalade dilemman och organisatoriska flaskhalsar. Uppsala. Skogforsk arbetsrapport 1098–2021. 29 s.

Ågren, K., Johannesson, T, Fernandez-Lacruz, R., Iwarsson Wide, M., & Grönlund, Ö. 2021. Livscykelanalys av biomassa från lågvärdesträd - En fallstudie av NS-bestånd, åkermark, vägkanter och kraftledningsgator. Uppsala. Skogforsk arbetsrapport 1115–2021. 21 s.

Referenser

- Agestam, E., Säll, H., & Wilhelmsson, L. 2022. Skogsbruk, virke och skogsindustriprodukter Jönköping. Skogsstyrelsens förlag. Skogsskötselserien nr 22. 181 s.
- Appelqvist, C., Sollander, E., Norman, J., Forsberg, O., & Lundmark, T. 2021. Hyggesfritt skogsbruk, Skogsstyrelsens definition. Skogsstyrelsen. Rapport 2021/8. 70 s.
- Berg, Å., Bergman, K.-O., Wissman, J., Zhmihorski, M., & Öckinger, E. 2015. Betydelsen av kraftledningsgator, skogsbilvägar och naturbetesmarker för fjärilar i olika landskapstyper. Centrum för Biologisk Mångfald, SLU, Uppsala. CBM:s skriftserie nr 97.
- Berg, Å., Bergman, K.-O., Wissman, J., Żmihorski, M., & Öckinger, E. 2016. Power-line corridors as source habitat for butterflies in forest landscapes. *Biological conservation* 201, s. 320-326
- Bergström, D., Fernandez-Lacruz, R., de la Fuente, T., Höök, C., Krajnc, N., Malinen, J., Nuutinen, Y., Triplat, M., & Nordfjell, T. 2022. Effects of boom-corridor thinning on harvester productivity and residual stand structure. *International Journal of Forest Engineering*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/14942119.2022.2058258>
- Biometria. 2022. Skogsbilvägar. <https://www.biometria.se/tjaenster/transport/skogsbilvaegar/> [2022-06-16]
- Claesson, S., Duvemo, K., Lundström, A., & Wikberg, P.-E. 2015. Skogliga konsekvensanalyser 2015 - SKA 15. Jönköping, Sweden: The Swedish Forest Agency. Rapport nr 10, 2015. 110 s.
- Daniel-Ferreira, J., Berggren, Å., Wissman, J., & Öckinger, E. 2022. Road verges are corridors and roads barriers for the movement of flower-visiting insects [<https://doi.org/10.1111/ecog.05847>]. *Ecography*, 2022(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ecog.05847>
- Daniel-Ferreira, J., Bommarco, R., Wissman, J., & Öckinger, E. 2020. Linear infrastructure habitats increase landscape-scale diversity of plants but not of flower-visiting insects. *Scientific Reports*, 10(1), 21374. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78090-y>
- Daniel Ferreira, J. 2021. Linear infrastructure habitats for the conservation of plants and pollinators: the value of road verges and power-line corridors for landscape-scale diversity and connectivity. Uppsala, Institutionen för ekologi, SLU. Avhandling nr. 63, 2021. 100 s.
- Ebenhard, T., Forsberg, M., Lind, T., Nilsson, D., Andersson, R., Emanuelsson, U., Eriksson, L., Hultåker, O., Iwarsson Wide, M., & Ståhl, G. 2017. Environmental effects of brushwood harvesting for bioenergy. *Forest Ecology and Management*, 383, 85-98. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2016.05.022>
- Ecogain, 2021. Skötsel för ökad biologisk mångfald och ekosystemtjänster – sammanställning av projekt. Ecogain uppdragsnummer: 1020942-02. Uppdrag för Svenska kraftnät.
- Edlund, M. 2009. Produktivitet och lönsamhet vid skogsbränsleuttag längs skogsbilvägar. Umeå. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU. Examensarbete. Arbetsrapport 243 2009. 41 s.

- Eide, W., Ahrné, K., Bjelke, U., Nordström, S., Ottosson, E., Sandström, J., & Sundberg, S. 2020. Tillstånd och trender för arter och deras livsmiljöer – rödlistade arter i Sverige 2020. Uppsala. SLU Artdatabanken rapporterar 24. 61 s.
- Ekbo, T., Gavelius, M., & Rudberg, J. 2021. Styrmedel för nya svenska biodrivmedel. Energimyndigheten. ER 2021:22. 78 s.
- Emanuelsson, U., Ebenhard, T., Eriksson, L., Forsberg, M., Hansson, P.-A., Hultåker, O., Iwarsson Wide, M., Lind, T., Nilsson, D., Ståhl, G., & Andersson, R. 2014. Landsomfattande slytåkt – potential, hinder och möjligheter. Uppsala. Centrum för biologisk mångfald. 178 s.
- Energimyndigheten. 2022a. Energiläget 2021. <https://www.energimyndigheten.se/statistik/energilaget/> [2022-06-14]
- Energimyndigheten. 2022b. Produktion av sönderdelade oförädlade primära skogsbränslen av inhemskt ursprung med fördelning på sortiment, GWh, 2013- <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/>
- Eriksson, A. 2016. Improving the efficiency of forest fuel supply chains Department of Energy and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences]. Uppsala, Sweden.
- Felton, A., Löfroth, T., Angelstam, P., Gustafsson, L., Hjältén, J., Felton, A. M., Simonsson, P., Dahlberg, A., Lindbladh, M., Svensson, J., Nilsson, U., Lodin, I., Hedwall, P. O., Sténs, A., Lämås, T., Brunet, J., Kalén, C., Kriström, B., Gemmel, P., & Ranius, T. 2020. Keeping pace with forestry: Multi-scale conservation in a changing production forest matrix. *Ambio*, 49(5), 1050-1064. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01248-0>
- Fernandez-Lacruz, R., & Bergström, D. 2015. Developing biomass supply systems for forested marginal land in Sweden. *Forest engineering: making a positive contribution. Abstracts and Proceedings of the 48th Symposium on Forest Mechanization (FORMEC)*, Linz, Austria.
- Fernandez-Lacruz, R., Di Fulvio, F., Athanassiadis, D., Bergström, D., & Nordfjell, T. 2015. Distribution, characteristics and potential of biomass-dense thinning forests in Sweden. *Silva Fennica*, 49(5). <https://doi.org/doi:10.14214/sf.1377>
- Fernandez-Lacruz, R., Di Fulvio, F., & Bergström, D. 2013. Productivity and profitability of harvesting power line corridors for bioenergy (Vol. 47). <https://doi.org/doi:10.14214/sf.904>
- Fernandez-Lacruz, R., Eriksson, A., & Bergström, D. 2020. Simulation-Based Cost Analysis of Industrial Supply of Chips from Logging Residues and Small-Diameter Trees. *Forests*, 11(1).
- Fernandez Lacruz, R. 2019. Improving supply chains for logging residues and small-diameter trees in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Biomaterials and Technology. Umeå. Doctoral thesis 2019:44. 95 s.
- Forsberg, E. 2010. Buskröjning längs skogsbilvägar - En produktivetsstudie av två kättingslagor. Umeå. Institutionen för skoglig resurshushållning. Examensarbete. Arbetsrapport 301 2010.
- Grönlund, Ö., Di Fulvio, F., Bergström, D., Djupström, L., Eliasson, L., Erlandsson, E., Forsell, N., & Korosuo, A. 2019. Mapping of voluntary set-aside forests intended for nature conservation management in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 34(2), 133-144. <https://doi.org/10.1080/02827581.2018.1555279>

- Grönlund, Ö., & Eliasson, L. 2019. Birch shelterwood removal – harvester and forwarder time consumption, damage to understory spruce and net revenues. *International Journal of Forest Engineering*, 30(1), 26-34. <https://doi.org/10.1080/14942119.2019.1595943>
- Hakkila, P. 1989. Utilization of residual forest biomass. In: Springer series in wood science. New York: Springer-Vlg.
- Helmisaari, H.-S., Hanssen, K. H., Jacobson, S., Kukkola, M., Luro, J., Saarsalmi, A., Tamminen, P., & Tveite, B. 2011. Logging residue removal after thinning in Nordic boreal forests: Long-term impact on tree growth. *Forest Ecology and Management*, 261(11), 1919-1927. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.02.015>
- Iwarsson Wide, M. 2009a. Skogsbränsleuttag i vägkanter - Prestationsstudie. Uttag av skogsbränsle i väggkant med Bracke C16. Uppsala. Skogforsk arbetsrapport 682 2009. 18 s.
- Iwarsson Wide, M. 2009b. Skogsbränsleuttag i vägkanter - Prestationsstudie. Uttag av skogsbränsle i väggkant med Ponsse Dual med EH25. Uppsala. Skogforsk arbetsrapport 696. 20 s.
- Iwarsson Wide, M. 2009c. Teknik och metod Ponsse EH25. Träbränsleuttag med Ponsse EH25 i kraftledningsgata. Uppsala. Skogforsk arbetsrapport 681 2009. 18 s.
- Iwarsson Wide, M., Eriksson, A., Gunnarsson, C., & Olsson, J. 2022. Goda möjligheter att få biomassa ur spridda restströmmar. Skogforsk kunskapsartikel 5-2022 <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2022/goda-mojligheter-att-fa-biomassa-ur-spridda-reststrommar/>
- Iwarsson Wide, M., Grönlund, Ö., Von Hofsten, H., Bergström, D., & Ekström Larsson, A. 2021. Högeffektiv klenträdsteknik. Skogforsk kunskapsartikel 86-2021 <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2021/hogeffektiv-klentradsteknik/>
- Iwarsson Wide, M., Olofsson, K., Wallerman, J., Sjödin, M., Torstensson, P. O., Aasland, T., Barth, A., & Larsson, M. 2013. Effektiv volymuppskattning av biomassa i vägkanter och ungskogar med laserdata - Effective estimate of biomass volume on roadsides and in young forests using laser data. Uppsala. Skogforsk arbetsrapport 804 2013. 48 s.
- Jonsell, M., & Hedin, J. 2009. GROT-uttag och artmångfald – hur bör man ta hänsyn till vedskalbaggar? Uppsala. Fakta Skog, rön från Sveriges lantbruksuniversitet nr 7 2009.
- Jordbruksverket, 2017. Övergångszoner mellan skogs och jordbruksmark. Ett samverkansprojekt inom miljömålsrådet 2017. Jordbruksverket rapport 2018:14. 88 s.
- Laitila, J., & Väätäinen, K. 2020. Productivity of harvesting and clearing of brushwood alongside forest roads (Vol. 54). <https://doi.org/doi:10.14214/sf.10379>
- Lehtikangas, P. 1998. Lagringshandbok för träbränslen. Uppsala, institutionen för virkeslära, SLU. ISBN 91-576-5564-2. 116 s.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being (Vol. 5). Island press Washington, DC.
- Nilsson, P., Roberge, C., Dahlgren, J., & Fridman, J. 2022. Skogsdata 2022. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från SLU Riksskogstaxeringen. Tema: Den formellt skyddade skogen. Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Nitare, J., Thomasson, T., & Liljewall, E. 2014. Naturvårdande skötsel av skog och andra trädbärande marker. Jönköping. Skogsstyrelsen. pp. 76.

- Pettersson, J., Andersson, C., Ederlöf, E., & Fabricius Strömbäck, A. 2017. Skogens ekosystemtjänster – status och påverkan. Jönköping. Skogsstyrelsen rapport nr 13 2017. 124 s.
- Regeringskansliet. 2020. Vägen till en klimatpositiv framtid. Stockholm. SOU 2020:4. 850 s.
- Runesson, K. 2012. Vegetation och flora i vägkanter – effekter av olika metoder för skötsel och underhåll. Kunskapssammanställning. Uppsala, Centrum för biologisk mångfald. CBM:s skriftserie 63. 40 s.
- Sachs, J., Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Lafortune, G. & Fuller, G. 2019. Sustainable Development Report. 2019. New York. Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN). 478 s.
- Skogskunskap. 2016. Vägkantsröjning. <https://www.skogskunskap.se/vagar-i-skogen/drift-och-underhall/sommarunderhall/vagkantsrojning/>
- Skogsstyrelsen. 2021. Omvärldsanalys 2020/21. Jönköping. Skogsstyrelsen rapport 4 2021. 25 s.
- Svebio. 2020. Färdplan bioenergi – så möter vi behovet av bioenergi för fossilfritt Sverige. Stockholm. Svebio. 48 s.
- Svenska Kraftnät. 2020. Underhåll av transmissionsnätet. Svenska Kraftnät. <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/om-transmissionsnatet/underhall-av-transmissionsnatet/>
- Svensson, R., Berg, Å. Hamring, L. & Rätz, C. 2016. Biologisk mångfald i kraftledningsgator. Uppsala. Centrum för Biologisk Mångfald, SLU. CBM:s skriftserie nr 99. 31 s.
- Trafikverket. 2019. Drift och underhåll av enskilda vägar. Borlänge. Publikation 2019:186. 44 s.
- USDA. 2016. USDA and Partners Celebrate First Wood-to-Jet-Fuel Commercial Flight. <https://www.usda.gov/media/press-releases/2016/11/14/usda-partners-celebrate-first-wood-jet-fuel-commercial-flight>