



LUND UNIVERSITY

Förändringar i tillförselpotential av långsiktigt hållbar skogsbiomassa

Börjesson, Pål

2025

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Börjesson, P. (2025). *Förändringar i tillförselpotential av långsiktigt hållbar skogsbiomassa*. (IMES/EESS Rapport; Nr 140). Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet.

Total number of authors:
1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

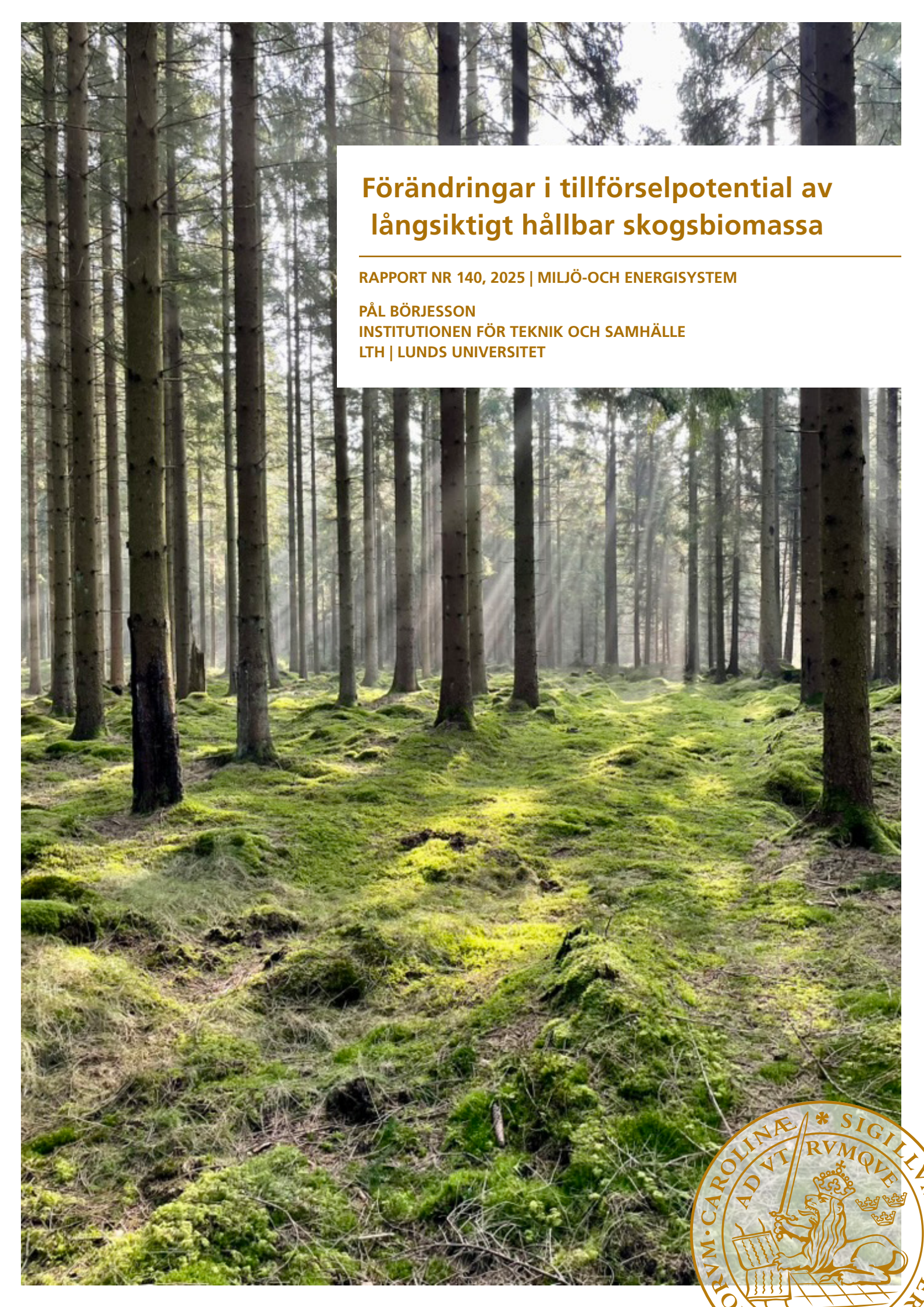
Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



Förändringar i tillförselpotential av långsiktigt hållbar skogsbiomassa

RAPPORT NR 140, 2025 | MILJÖ-OCH ENERGISYSTEM

PÅL BÖRJESSON
INSTITUTIONEN FÖR TEKNIK OCH SAMHÄLLE
LTH | LUNDS UNIVERSITET



Förändringar i tillförselpotential av långsiktigt hållbar skogsbiomassa

Pål Börjesson

Miljö- och energisystem, Institutionen för teknik och samhälle,
Lunds tekniska högskola, Lunds universitet



LUND
UNIVERSITY

Dokumentutgivare, Dokumentet kan erhållas från

LUNDS UNIVERSITET
Avdelningen för miljö- och energisystem
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund, Sweden
<https://www.miljo.lth.se>

Dokumentnamn Rapport 140

Utgivningsdatum April 2025

Författare Pål Börjesson

Dokumenttitel och undertitel

Förändringar i tillförselpotential av långsiktigt hållbar skogsbiomassa

Omslagsbild

Pål Börjesson

Abstract

Bioenergi spelar idag en stor roll i det svenska energisystemet ur klimat- och energisäkerhetssynpunkt men vilken roll kan inhemsk bioenergi komma att spela framöver för att Sverige ska bli ett fossilfritt samhälle med nettonollutsläpp 2050? Syftet med denna rapport är att utifrån olika perspektiv beskriva hur tillförseln av inhemska skogsbaserade biobränslen kan komma att förändras under perioden fram till 2050. Utifrån ett basscenario bedöms tillförseln av skogsbränslen fortsatt kunna öka fram till 2050 men i en något lägre ökningstakt än historiskt. Dock kan implementeringen av olika EU-regleringar och styrmedel i större eller mindre omfattning begränsa tillförselpotentialen och påverka enskilda biobränslen på olika sätt. I ett längre perspektiv så innebär likväl en förlyttning av skogsbiprodukter från energi till mer högvärdiga produkter att dessa åter kommer energisystemet tillgodo som returträbränslen.

Nyckelord

Bioenergi, tillförsel, skogsbränslen, Sverige, 2050

Omfång 48

Språk Svenska

ISRN LUTFD2/TFEM-- 25/3131--SE + (1-48)

ISSN 1102-3651

ISBN 978-91-86961-66-4

Intern institutionsbeteckning

IMES/EESS Rapport 140
Lund 2025

Förord

Denna rapport har skrivits inom ramen för projektet ”Bioenergins roll för att nå de energi- och klimatpolitiska målen – en analys av en föränderlig funktion i ett dynamiskt energisystem” som finansieras av Energimyndigheten via forskningsprogrammet Bio+. Syftet med projektet är att ge ett breddat perspektiv på bioenergins framtida möjligheter men också begränsningar i att bidra till ett klimatneutralt och fossilfritt energisystem i Sverige. Denna rapport fokuserar på tillförseln av skogsbaserade biobränslen i Sverige och hur denna kan förändras fram till 2050 beroende av olika omvärldsfaktorer, framför allt olika politiska prioriteringar, mål och regleringar. Rapporten är tänkt att ligga till grund för vidare fördjupningar kring bioenergins framtida roll, t ex via utvecklade framtidsscenarier.

Författaren tackar Prof. Lovisa Björnsson för värdefulla kommentarer på rapporten samt support med figurer.

Lund, april 2025

Pål Börjesson

Innehållsförteckning

1.	Bakgrund	5
2.	Olika skogsbruksscenarier	6
2.1	Avverkningsnivåer	8
3.	Tillförselpotential av skogsbaserade biobränslen	13
3.1	Grenar och toppar (grot).....	13
3.2	Energived	17
3.3	Sågspån	19
3.4	Bark	20
3.5	Lignin.....	21
3.6	Sammanlagd potential av skogsbaserade rest- och biprodukter	23
3.7	Lågvärdesträd (sly).....	25
3.8	Snabbväxande lövträd på nedlagd jordbruksmark	27
3.9	Sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen.....	27
4.	EU's klimat- och miljöpolitiska styrmedel – några möjliga effekter.....	30
4.1	LULUCF – minskade avverkningsnivåer	30
4.2	Förnybartdirektivet - kaskadprincipen	33
4.3	Förnybartdirektivet – grov grot	36
4.4	Sammanlagd begränsad potential.....	39
5.	Slutsatser och diskussion	43
5.1	Förändrade prioriteringar i svenskt skogsbruk	43
5.2	Påverkan av EU-regleringar	43
5.3	Enskilda skogsbränslen kan påverkas olika.....	44
6.	Referenser	46

1. Bakgrund

Den framtida tillförselpotentialen av skogsbaserade biobränslen förväntas i allt större utsträckning påverkas av hur politiska styrmedel kopplat till skogsbruk och skogsindustriproduktion kommer att utvecklas. Klimatförändringar kommer också att leda till förändringar inom skogsbruket och skogsbränslepotentialen. En generell slutsats som dras i en nyligen publicerad studie om biomassans framtida roll i det svenska energisystemet är att osäkerheterna i tillgången på skogsbaserad bioråvara ökar där allt fler faktorer påverkar som nya politiska prioriteringar kring biologisk mångfald och kolinbindning, regleringar av olika bioråvarors miljömässiga hållbarhet och krav på ökad cirkularitet, i vilken utsträckning skogsägare anpassar sig till ett förändrat klimat osv (Börjesson och Björnsson, 2024). Nya politiska prioriteringar kring ökad försörjningstrygghet och energisäkerhet kan också få ökad betydelse.

Syftet med föreliggande studie är därför att kvantifiera hur tillförseln av inhemska skogsbaserade biobränslen kan komma att utvecklas fram till 2050 när hänsyn tas till kritiska och aktuella omvärldsfaktorer samt hur stort spridningsintervallet kan bli avseende ”högsta” och ”lägsta” tillförselpotential. Betydelsen av enskilda kritiska faktorer kommer också att identifieras och kvantifieras.

Skogsstyrelsens genomför med hjälp av Sveriges Lantbruksuniversitet återkommande långsiktiga avverkningsberäkningar för svenskt skogsbruk i form av skogliga konsekvensanalyser (SKA). I dessa skogliga konsekvensanalyser publiceras ett antal framtidsscenarier utifrån aktuella frågor för skogsbruket som förändrade politiska mål och styrmedel, förändrade skötselmetoder och hur skogsmarken brukas, förändrad efterfrågan på råvara och träprodukter, vilka effekter klimatförändringarna kan få osv. Det senaste analysarbetet är från 2022 (SKA22) och är en viktig källa i föreliggande studie (Skogsstyrelsen, 2022a). Andra källor som ligger till grund för denna studie är aktuell EU-lagstiftning som Förnybartdirektivet (Renewable Energy Directive, REDIII) (EU, 2023) och LULUCF-förordningen (Land Use, Land Use Change and Forestry) (EU, 2021) som kan komma att påverka den svenska skogsbränslepotentialen.

2. Olika skogsbruksscenarier

I följande kapitel beskrivs de olika skogsbruksscenarier som ligger till grund för efterföljande beräkningar av skogsbränslepotentialer eftersom framtida avverkningsnivåer har stor påverkan på dessa potentialer. Analyserna baseras på scenarier för svenskt skogsbruk fram till 2050 publicerade i SKA22 (Skogsstyrelsen, 2022a). I SKA22 inkluderas följande sex olika scenarier: Fokus tillväxt, Kombination, Dagens potential, Fokus klimatanpassning, Dagens skogsbruk samt Fokus mångfald. De olika scenarierna bygger på olika förutsättningar och prioriteringar när det t ex gäller skogens olika ekosystemtjänster som virkesproduktion, biologisk mångfald mm. För en mer detaljerad beskrivning av de olika scenarierna hänvisas till SKA22 (Skogsstyrelsen, 2022b). Även Energimyndigheten utnyttjar scenarier från SKA22 om skogsbrukets utveckling och dess effekt på tillgången på inhemska fasta biobränslen i sina senaste framtidsscenarier över Sveriges energisystem till 2050 (Energimyndigheten, 2025a). Energimyndigheten presenterar fyra olika scenarier där tillgången på trädbränslen varierar beroende på om ett ökat fokus läggs på miljöhänsyn eller på tillväxt.

I denna rapport har tre scenarier valts ut från SKA22 där två speglar högsta respektive lägsta virkesproduktion kring 2050 samt ett scenario som ligger där i mellan och som i detta arbete antas vara ett mer realistiskt scenario fram till 2050. De tre scenarierna som valts ut är följande: i) ”Fokus tillväxt” som medför den högsta tillväxten av alla scenarier, ii) ”Fokus mångfald” som ger högst biologisk mångfald men den lägsta tillväxten bland alla scenarier, samt iii) ”Kombination” som fokuserar på både mer tillväxt och biologisk mångfald genom framför allt ökad kvalitet på åtgärder för respektive målsättning i skogsbruket. Motivet till att välja dessa tre scenarier är dels för att presentera ett ”basfall” baserat på det som i denna studie antas som ett mer realistiskt scenario under de kommande decennierna där ökat fokus ges både till biologisk mångfald respektive tillväxt, d v s scenario Kombination, dels för att kunna kvantifiera skillnaderna mellan högsta (Fokus tillväxt) och lägsta (Fokus mångfald) beräknade avverkningsnivåer p g a olika prioriteringar i framtida skogsskötselstrategier. Som jämförelse ligger avverkningspotentialen kring 2030 i scenario Kombination, d v s studiens basfall, på ungefär samma nivå som dagens avverkningsnivå (Skogsstyrelsen, 2022a). Import och export av skogsråvara ingår ej i analysen samtidigt som all inhemsk skogsråvara antas förädlas i svensk skogsindustri.

I Tabell 1 redovisas några viktiga skillnader mellan dagens skogsbruk och de tre valda scenarierna (se Skogsstyrelsen 2022b för en fullständig beskrivning av skillnaderna). Samtliga scenarier inkluderar förväntade klimatförändringar baserat på IPCC’s klimatscenario RCP4,5

som innebär att utsläppen förväntas öka till 2040 för att därefter avta och där den globala uppvärmningen håller sig inom 2 grader.

I scenario Kombination ökar framför allt nya avsättningar och andelen lövträd vid föryngring jämfört med dagens skogsbruk samtidigt som virkesproduktionsmarken minskar med cirka 6% (Tabell 1). Nya avsättningar motsvarar i detta scenario cirka 5% av dagens totala areal produktiv skogsmark (Skogsstyrelsen, 2022a). I Fokus mångfald antas virkesproduktionsmarken minska med cirka 12% genom nya avsättningar av skyddad mark jämfört med dagens skogsbruk samtidigt som andelen hyggesfria avverkningsmetoder ökar från 4 till 30%. Dessutom ökar naturlig föryngring (d v s ej plantering) från cirka 10 till 60% och andelen lövträd vid föryngring från 10 till 30%. Lägsta ålder för föryngringsavverkning ökar också i Fokus mångfald. I detta scenario motsvarar nya avsättningar cirka 10% av dagens totala areal produktiv skogsmark (Skogsstyrelsen, 2022a). I Fokus tillväxt ökar virkesproduktionsmarken något liksom trakthyggesbruk och plantering, jämfört med dagens skogsbruk. Dessutom sänks lägsta ålder för föryngringsavverkning något.

Tabell 1. Beskrivning av några viktiga skillnader i markanvändning och skötsel mellan de tre valda scenarierna och i jämförelse med dagens skogsbruk (baserat på Skogsstyrelsen, 2022b)^a.

	Dagens skogsbruk	Kombination	Fokus mångfald	Fokus tillväxt
Formellt skydd (Mha)	1,3	samma	samma	samma
Frivilliga avsättningar (Mha)	1,3	samma	samma	samma
Nya avsättningar (Mha)	-	1,3	2,6	-
Hänsynsytor (Mha)	1,9	1,8	1,6	samma
Virkesproduktionsmark (Mha)	18,9	17,8	16,6	19,0
Trakthyggesbruk (%)	96	95	70	98
Hyggesfritt (%)	4	5	30	2
Plantering (%)	86	90	40	90
Naturlig för yngning mm (%)	14	10	60	10
Andel lövträd-för yngning (%)	10	15	30	samma
Lägsta ålder för för yngningsavverkning	Nuvarande regelverk	samma	10% ökning på 70% av arealen och 30% ökning på 30% av arealen	10% sänkning

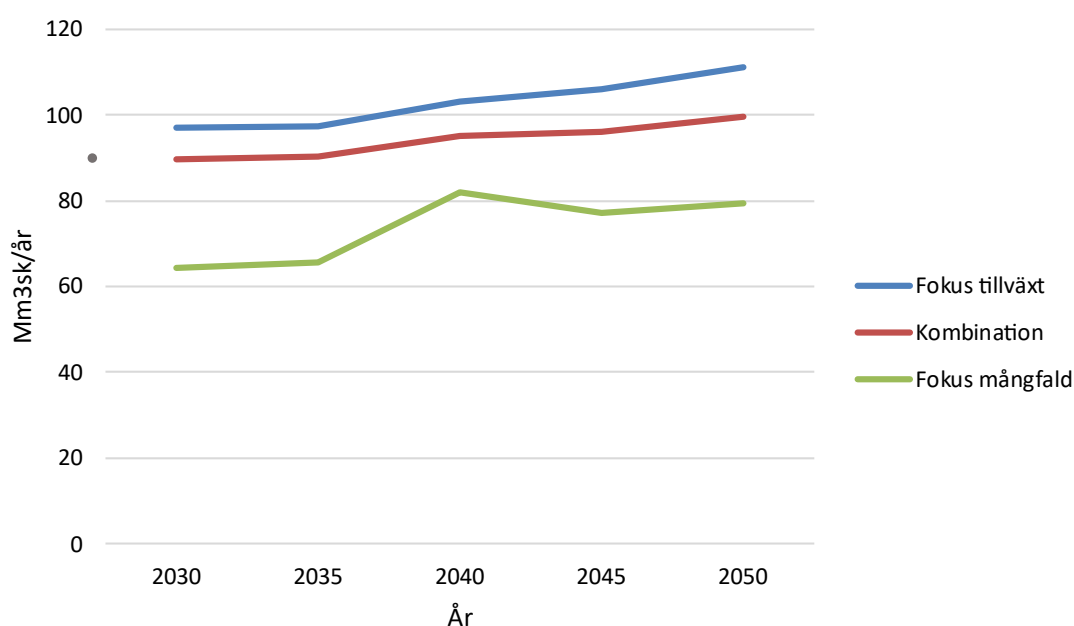
^a Se Skogsstyrelsen (2022b) för samtliga skillnader mellan scenarierna.

2.1 Avverkningsnivåer

I Figur 1 redovisas hur bruttoavverkningarna förväntas utvecklas i de tre olika scenarierna fram till 2050, uttryckt som miljoner skogskubikmeter per år ($\text{Mm}^3\text{sk}/\text{år}$). Med bruttoavverkning avses alla fällda träd, d v s både de som transporteras ut ur skogen och de som lämnas kvar (t ex vid ungskogsröjning mm). I scenario Kombination ligger bruttoavverkningen på ungefär samma nivå som idag, eller $92,3 \text{ Mm}^3\text{sk}/\text{år}$ baserat på genomsnittlig avverkningsnivå under perioden 2016-2020 (som SKA22 använder i sina jämförelser), men ökar något till cirka $100 \text{ Mm}^3\text{sk}/\text{år}$ kring 2050. I Fokus mångfald är bruttoavverkningen cirka 30% lägre 2030, motsvarande $65 \text{ Mm}^3\text{sk}/\text{år}$, drygt 10% lägre 2040

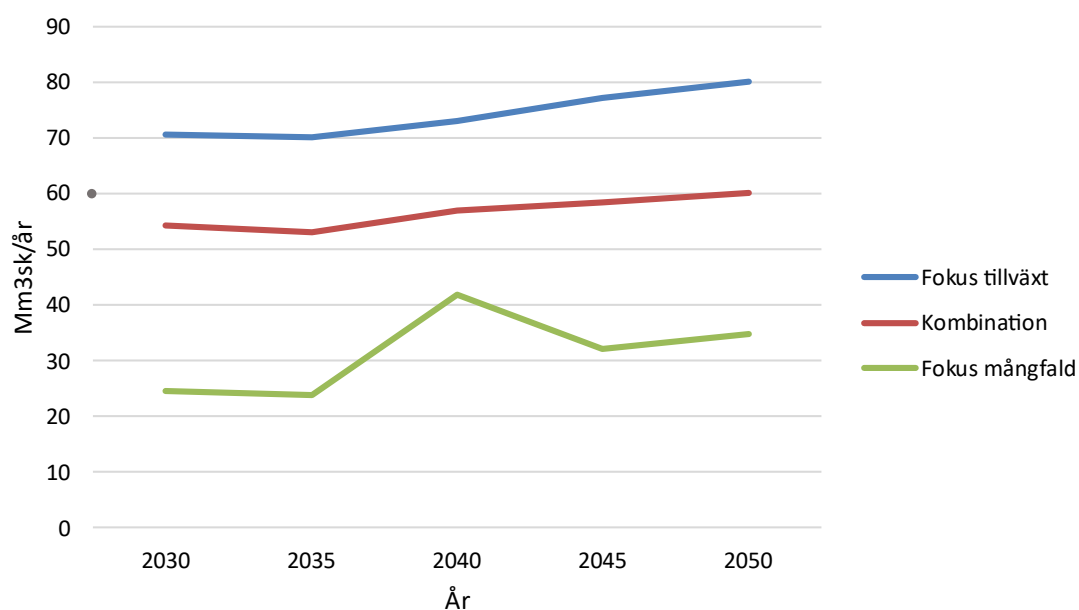
respektive knappt 15% lägre 2050 motsvarande cirka 80 Mm³sk/år. I Fokus tillväxt är dock bruttoavverkning cirka 5% högre 2030 respektive 20% högre 2050 jämfört med dagens avverkningsnivå och uppgår till drygt 110 Mm³sk/år 2050.

En anledning till att tillväxtökningen i Fokus tillväxt är relativt begränsad i det korta perspektivet men betydligt större i det längre perspektivet är att det tar tid för de produktionshöjande åtgärder som genomförs att få effekt. Det omvända råder för Fokus mångfald där effekterna blir som störst i det korta perspektivet genom att en relativt stor andel produktiv skogsmark antas avsättas för naturvårdsändamål, d v s virkesproduktionsmarken minskar momentant, liksom kraftigare begränsningar vad gäller lägsta tillåtna åldrar för förnygringsavverkningar.

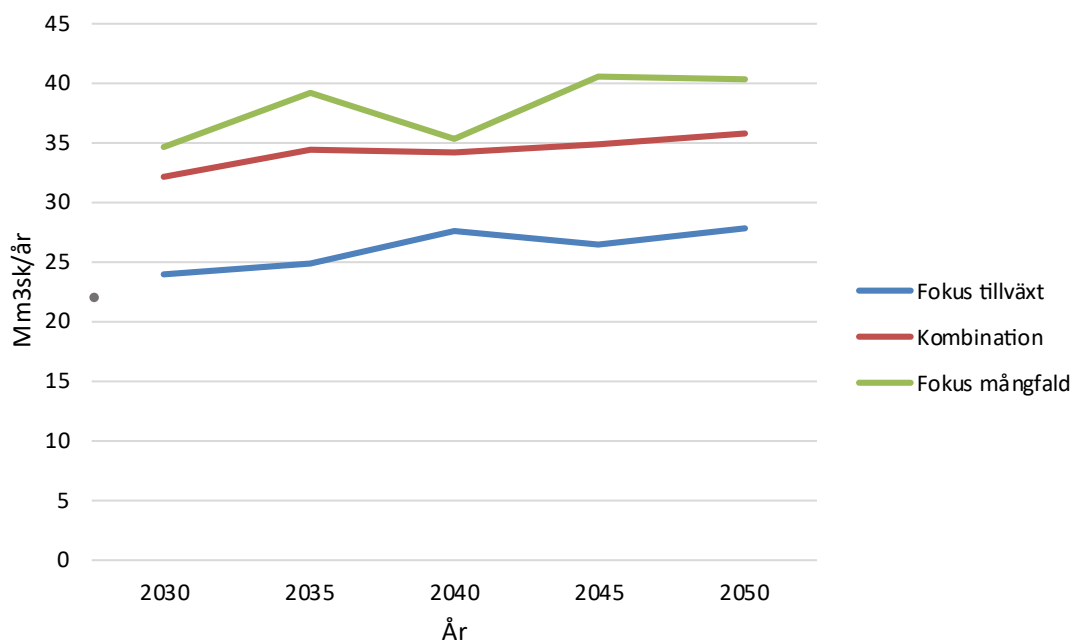


Figur 1. Bruttoavverkning i respektive scenario mellan 2030 och 2050. Baserat på SKA22 (Skogsstyrelsen 2022c). Den gråa punkten visar dagens bruttoavverkning (92,3 Mm³sk/år).

I Figur 2 och 3 visas hur stor del av den totala bruttoavverkningen som kommer från förnygringsavverkning respektive gallring samt deras inbördes fördelning. I den totala bruttoavverkningen ingår också en mindre del från andra huggningsarter såsom röjning, avverkning av fröträd, hyggesrensning mm.



Figur 2. Föryngringsavverkning (brutto) i respektive scenario mellan 2030 och 2050. Baserat på SKA22 (Skogsstyrelsen 2022c). Den gråa punkten visar dagens föryngringsavverkning (brutto, cirka 60 Mm³sk/år).



Figur 3. Gallring (brutto) i respektive scenario mellan 2030 och 2050. Baserat på SKA22 (Skogsstyrelsen 2022c). Den gråa punkten visar dagens gallring (brutto, cirka 22 Mm³sk/år).

Som framgår av Figur 2 och 3 är det en stor skillnad mellan scenarierna när det gäller fördelningen mellan slutavverkning och gallring av den totala avverkningen. I scenario Kombination utgör föryngringsavverkning och gallring cirka 60% respektive 40% fram till 2050. I detta scenario är andelen trakthyggesbruk fortfarande högt, eller 95%. Som jämförelse är fördelningen mellan föryngringsavverkning och gallring cirka 73% respektive 27% idag.

I Fokus tillväxt är fördelningen mellan föryngringsavverkning och gallring cirka 75% respektive 25% under hela perioden fram till 2050, d v s relativt lika med dagens fördelning. I Fokus mångfald utgör dock gallring den största andelen under hela motsvarande period, eller cirka 63% 2030, 53% 2040 respektive 55% 2050. Motsvarande andel föryngringsavverkning är cirka 37, 47 respektive 45%. Denna stora skillnad mot Fokus tillväxt beror framför allt på den stora andelen selektiv avverkning som sker på mark med hyggesfria metoder i Fokus mångfald där hyggesfritt motsvarar 30% och trakthyggesbruk 70% (se Tabell 1). I Fokus tillväxt motsvarar trakthyggesbruk 98% och hyggesfritt 2%. En förklaring till den ökade andelen föryngringsavverkning kring 2040 i Fokus mångfald är den ökade lägsta åldern för föryngringsavverkning som begränsar föryngringsavverkning i det kortare perspektivet.

Avverkade träd som transporteras ut från skogen och till skogsindustrin anges som nettoavverkning och redovisas normalt som kubikmeter fast mått under bark, m³fub. I Tabell 2 sammanfattas den uppskattade totala nettoavverkningen i respektive scenario samt uppdelat på sågtimmer respektive massaved (som också inkluderar energived). Uppskattningen bygger på beräkningar i SKA22 för potentiell nettoavverkning i olika scenarier avseende perioden 2025-2034 uppdelat mellan timmer och massa- och energived (Skogsstyrelsen, 2022c). I denna studie antas fördelningen mellan timmer och massaved vara oförändrad i respektive scenario mellan 2030 till 2050, d v s detta är ett förenklat antagande som innebär en viss osäkerhet. Som jämförelse uppgår dagens faktiska nettoavverkning (2016-2020) till 73,1 Mm³fub/år, fördelat på 36,6 Mm³fub sågtimmer respektive 36,5 Mm³fub massaved.

Som framgår av Tabell 2 så beräknas nettoavverkningen vara högre i både scenario Kombination och Fokus tillväxt jämfört med idag medan den är lägre i Fokus mångfald. I alla scenarier är också andelen massaved av totala rundvedsuttaget högre än idag. I Kombination är nettoavverkningen cirka 6% högre 2030 respektive 18% högre 2050 jämfört med idag. Motsvarande ökning i Fokus tillväxt är 11 respektive 27%. I Fokus mångfald är nettoavverkningen cirka 21% lägre 2030 jämfört med idag medan den är nästan lika hög år 2050.

Tabell 2. Uppskattad nettoavverkning i respektive scenario mellan 2030 och 2050 och uppdelat mellan sågtimmer och massaved (inklusive energived), uttryckt som miljoner fastkubikmeter under bark per år (bearbetad data från Skogsstyrelsen, 2022c, se beskrivning i text).

Scenario		År				
	<i>Mm³fub/år</i>	2030	2035	2040	2045	2050
Kombination						
	TOTALT	77,8	78,4	82,4	83,2	86,3
	Sågtimmer	35,6	35,9	37,8	38,1	39,5
	Massaved	42,2	42,5	44,6	45,1	46,8
Fokus mångfald						
	TOTALT	57,7	58,8	73,5	69,3	71,3
	Sågtimmer	26,6	27,1	33,9	31,9	32,9
	Massaved	31,1	31,7	39,6	37,4	38,4
Fokus tillväxt						
	TOTALT	81,2	81,6	86,4	88,8	93,1
	Sågtimmer	36,9	37,1	39,2	40,3	42,3
	Massaved	44,3	44,5	47,2	48,5	50,8

3. Tillförselpotential av skogsbaserade biobränslen

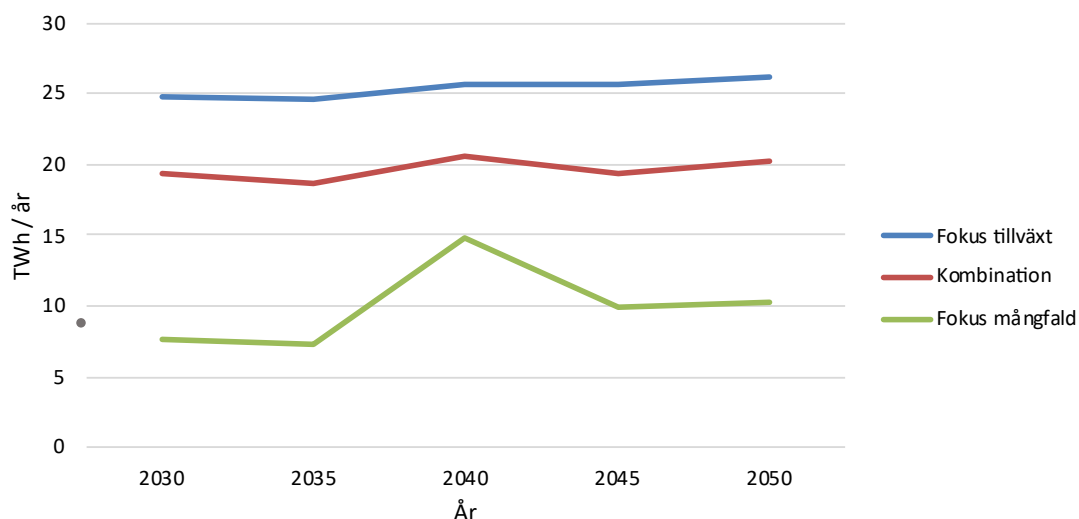
I följande kapitel analyseras hur potentialen för tillförsel av inhemska skogsbaserade biobränslen kan komma att förändras fram till 2050 baserat på de tre olika skogsbruksscenarier som redovisas i Kapitel 2. De kategorier biomassa som analyseras är så kallade primära skogsbränslen i form av grenar och toppar (grot) och skadad rundved (energived) samt så kallade sekundära skogsbränslen i form av bark, spån och lignin genererade inom skogsindustrin. Alla dessa bränslen används redan idag för energiändamål i olika omfattning och då för el- och värmeproduktion inom industrin, i fjärrvärmesystem samt för uppvärmning av lokaler och hushåll (dock exkluderas brännved för uppvärmning av enskilda hushåll). Dessutom analyseras potentiellt tillkommande vedbaserade biobränslen som kan hanteras och användas på liknande sätt som dagens skogsbränslen. Dessa är så kallade lågvärdesträd, eller sly, samt snabbväxande lövträd på nedlagd åkermark.

3.1 Grenar och toppar (grot)

Potentialen av grot baseras på data från SKA22 där Skogsstyrelsens nuvarande regler och rekommendationer för grot-uttag antas följas (se Skogsstyrelsen, 2019) och där uttag enbart antas ske efter föryngringsavverkning. I SKA22 har följande tolkning av Skogsstyrelsens regler och rekommendationer gjorts: askåterföring antas ske i enlighet med rekommendationer, uttag sker ej i formella avsättningar, frivilliga avsättningar eller i hänsynsytor vid avverkning, uttag sker ej i kantzoner mot åkermark, myrar, berg, fjällbarrskog och söt- och saltvatten, uttag sker ej på torvmark eller fuktig och blöt mark, samt minst 20% grot lämnas alltid kvar och i första hand lämnas löv, i andra hand tall och i tredje hand gran (Skogsstyrelsen, 2022c). Skogsstyrelsens regler och rekommendationer samt SKA22's tolkning av dessa bedöms här överensstämma väl med de forskningssynteser som gjorts avseende miljömässigt hållbara uttagsnivåer av grot som diskuteras vidare i avsnitt 4.3 (se t ex deJong m fl. 2017; 2018; Camia et al., 2021).

I Figur 4 redovisas grot-potentialen för de tre olika scenarierna fram till 2050. Dagens grot-uttag till värme- och kraftvärmeverk uppgår till totalt 8,8 TWh/år i Sverige (2016-2020) uppdelat på 5,8 i Götaland, 2,3 i Svealand samt 0,7 TWh/år i Norrland (som här antas fördelas mellan 0,5 TWh i Södra Norrland och 0,2 TWh i Norra Norrland). Andel slutavverkad areal där grot-uttag sker uppgår till 31% för Sverige som helhet med

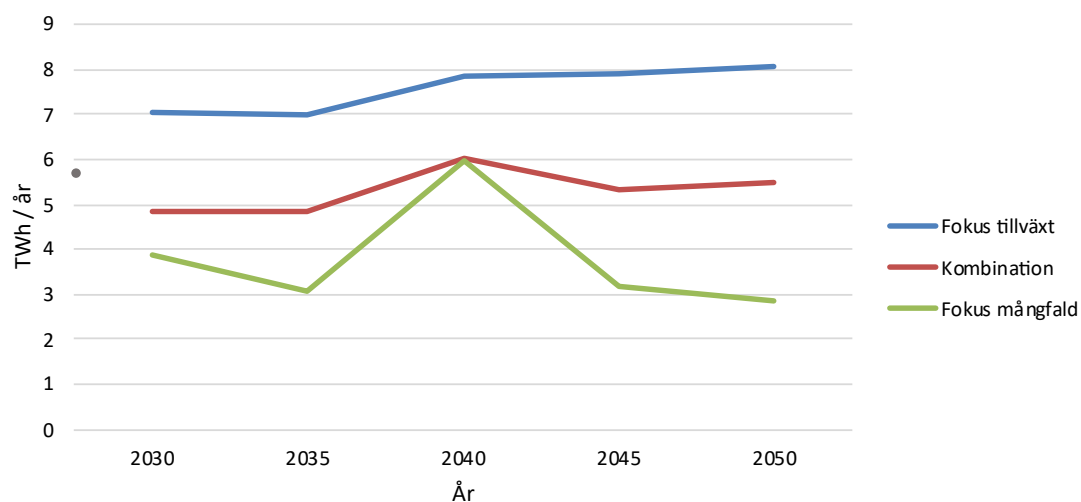
fördelningen Götaland, 59%, Svealand 41%, Södra Norrland 21% respektive Norra Norrland 6% (Skogsstyrelsen, 2022c,d).



Figur 4. Grot-potential i Sverige i respektive scenario mellan 2030 och 2050. Baserat på SKA22 (Skogsstyrelsen 2022c). Den gråa punkten visar dagens grot-uttag till värme- och kraftvärmeverk i Sverige (8,8 TWh/år).

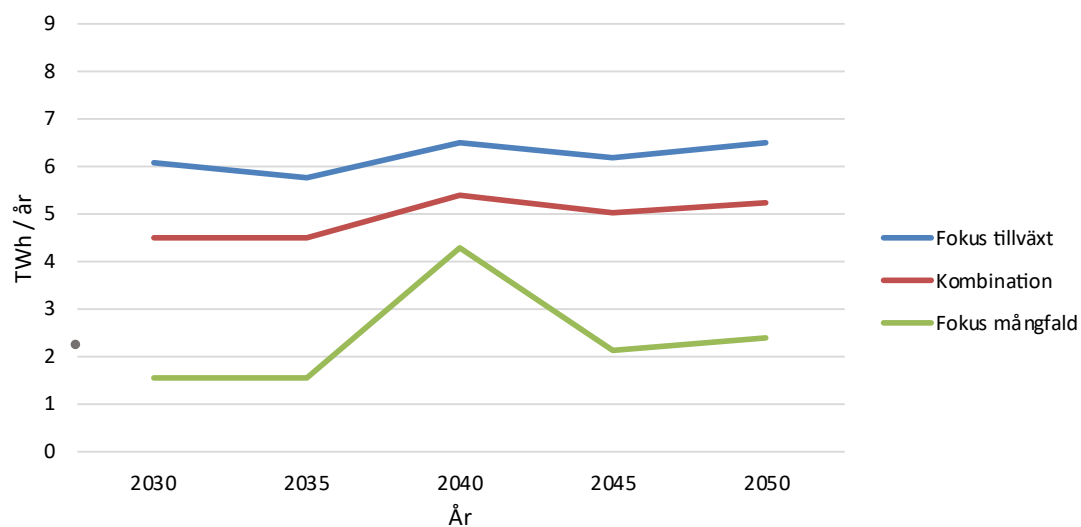
Som framgår av Figur 4 bedöms grot-uttaget kunna öka med cirka 12 TWh per år i scenario Kombination medan det i Fokus tillväxt kan öka med cirka 16 TWh per år utan att överskrida ett långsiktigt hållbart uttag enligt dagens bedömning (Skogsstyrelsen, 2019). Det totala grot-uttaget uppgår då till cirka 20 respektive 26 TWh per år fram till 2050. Däremot bedöms grot-uttaget inte kunna öka i Fokus mångfald det närmaste decenniet men därefter öka med en topp kring 2040 motsvarande cirka 6 TWh per år. Detta beror på en ökad bruttoavverkning kring 2040 som illustreras i Figur 1 (Kapitel 2). Det totala uttaget bedöms ligga kring 10 TWh per år framåt 2050.

I Figur 5 till 8 redovisas grot-potentialen i Götaland, Svealand, Södra Norrland respektive Norra Norrland. Som framgår av Figur 5 bedöms grot-uttaget i Götaland inte kunna öka i scenario Kombination utan tvärtom minska något i början av perioden jämfört med idag. Minskningen är ännu större i Fokus mångfald medan grot-uttaget bedöms kunna öka med cirka 1 TWh/år 2030 respektive 2 TWh/år 2050 i Fokus tillväxt jämfört med idag.



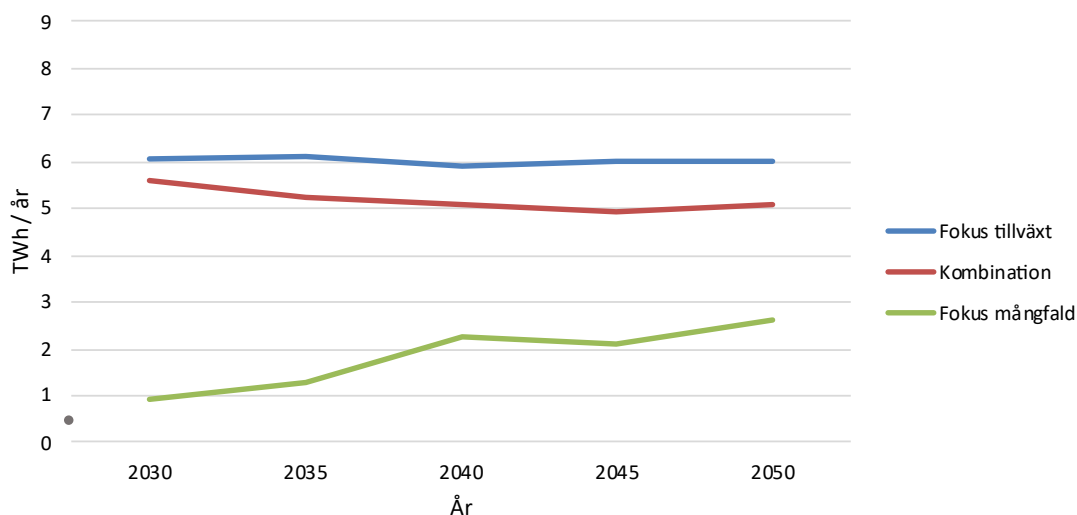
Figur 5. Grot-potential i Götaland i respektive scenario mellan 2030 och 2050. Baserat på SKA22 (Skogsstyrelsen 2022c). Den gråa punkten visar dagens grot-uttag i Götaland (5,8 TW/h/år).

I Svealand bedöms grot-uttaget kunna fördubblas i scenario Kombination respektive nästan tredubblas Fokus tillväxt jämfört med idag (Figur 6). I Fokus mångfald bedöms uttaget av grot kunna vara i ungefär samma nivå som idag men med ett potentiellt ökat uttag kring 2040.

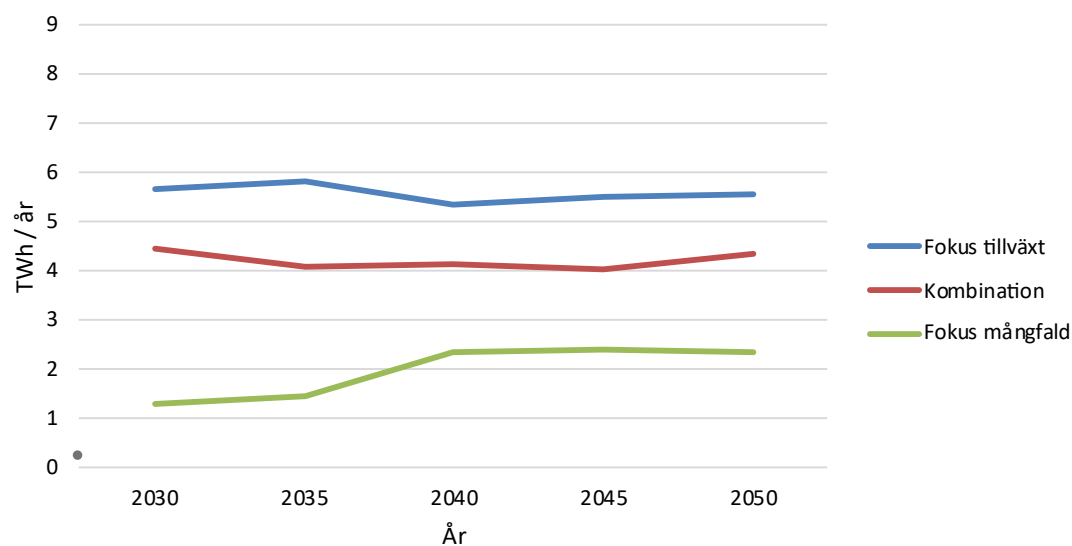


Figur 6. Grot-potential i Svealand i respektive scenario mellan 2030 och 2050. Baserat på SKA22 (Skogsstyrelsen 2022c). Den gråa punkten visar dagens grot-uttag i Svealand (2,3 TW/h/år).

I såväl södra Norrland (Figur 7) som Norra Norrland (Figur 8) bedöms grot-uttaget kunna öka i alla tre scenarier jämfört med idag, d v s även i Fokus mångfald. Sammantaget så finns cirka tre fjärdedelar av den ökade uttagspotentialen av grot för Sverige som helhet i Norrland avseende scenario Kombination och Fokus tillväxt.



Figur 7. Grot-potential i Södra Norrland i respektive scenario mellan 2030 och 2050. Baserat på SKA22 (Skogsstyrelsen 2022c). Den gråa punkten visar uppskattat grot-uttag i Södra Norrland idag (0,5 TWh/år).



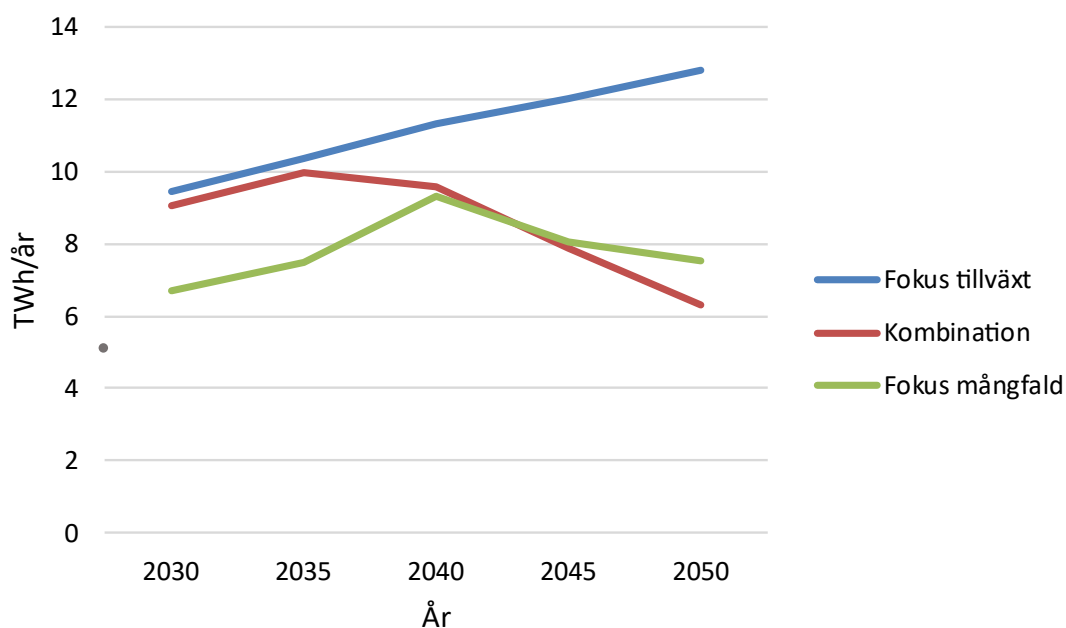
Figur 8. Grot-potential i Norra Norrland i respektive scenario mellan 2030 och 2050. Baserat på SKA22 (Skogsstyrelsen 2022c). Den gråa punkten visar uppskattat grot-uttag i Södra Norrland idag (0,2 TWh/år).

3.2 Energived

Som beskrivs i Avsnitt 2.1. uppgår mängden avverkad stamvolym som tas tillvara till cirka 73,1 miljoner fastkubikmeter under bark (m^3fub) per år idag. Cirka 3,4% av denna nettoavverkning, eller 2,5 $\text{Mm}^3\text{fub}/\text{år}$, blir energived (stamvedsflis) som framför allt består av skadad rundved. I energitermer motsvarar detta cirka 5,3 TWh/år (se också statistik från Energiföretagen, 2025). Därutöver avverkas cirka 8 TWh brännved för vedpannor och kaminer (som inte inkluderas i beräkningarna av energived nedan). I SKA22 diskuteras hur skogsskador från stormar, rotröta och barkborreangrepp kan komma att öka i framtiden p g a klimatförändringar samt hur olika skogsbruksscenarier kan hantera detta jämfört med dagens skogsbruk. Dock görs inga sammanlagda kvantitativa beräkningar avseende hur tillgången på skadad rundved p g a skogsskador kan förändras till 2050 eftersom Skogsstyrelsen konstaterar att flera av dessa faktorer är svåra att modellera (Skogsstyrelsen, 2022e). Därför görs här en egen grov uppskattning av hur mängden skadad rundved eventuellt kan komma att utvecklas i respektive scenario och med antagandet att denna rundved utnyttjas som energived. Osäkerheterna i dessa uppskattningar är således stora men försöker ändå ge en indikation på hur de olika scenarierna kan skilja sig.

I SKA22 modelleras ett så kallat stormriskindex som visar att scenario Kombination både kan få en lägre och högre risk beroende på vilken modellmetod som används, medan Fokus tillväxt visar en högre risk (Skogsstyrelsen, 2022e). Fokus mångfald bedöms initialt få en ökad risk p g a äldre skogar men därefter ett minskad risk tack vare mer blandskogar. När det gäller förekomst av rotröta i granskog bedöms denna succesivt minska något i scenario Kombination medan den bedöms öka i Fokus tillväxt fram till 2050 p g a en hög andel granskog och hög andel trädslagsren skog (Skogsstyrelsen, 2022e). Fokus mångfald bedöms få störst initial ökning av rotröta p g a förlängda omloppstider och ackumulering av gammal granskog. På sikt sjunker andelen rötskadad volym tack vare färre granskogar men hålls delvis uppe av hyggesfria avverkningar i de granskogar som finns. I SKA22 har det också utvecklats ett riskindex för granbarkborre baserat på ett antal variabler rörande klimat och skogstillstånd (Skogsstyrelsen, 2022e). Alla scenarier bedöms initialt få en ökad risk för barkborreskador p g a att förändringar i skogsskötsel och trädslagsval tar tid, men därefter antas risken plana ut. På längre sikt bedöms scenario Kombination få en succesivt minskad risk medan Fokus tillväxt bedöms få en något ökad risk. Detsamma gäller Fokus mångfald p g a att en större andel av virkesproduktionsmarken brukas med selektiv huggning i granskog. När det gäller viltbetesskador av hjortdjur kan dessa vara betydande men är samtidigt mycket svåra att modellera varför ingen närmare analys görs i SKA22 (Skogsstyrelsen, 2022e). Generellt är dock tall och löv mer känsliga än gran men hur detta påverkar olika scenarier är osäkert. När det gäller andra skadegörare som snytbagge och försommarfrost bedöms Fokus tillväxt vara mest känslig för dessa med hög andel granskog, trakthyggesbruk och trädslagsrena bestånd medan Fokus mångfald bedöms vara minst känslig tack vare större andel löv- och blandskog samt hyggesfri skogsskötsel (Skogsstyrelsen, 2022).

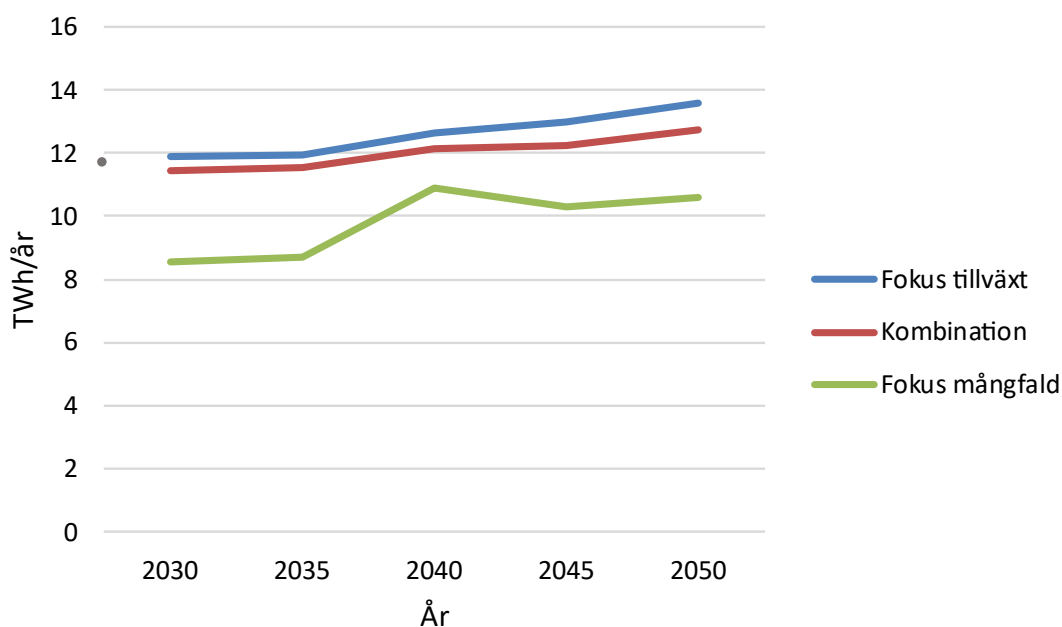
Utifrån beskrivningen ovan har en grov kvantitativ bedömning gjorts över hur mängden skadad rundved kan komma att förändras till 2050 i de olika scenarierna (Figur 9). Eftersom bakgrundsmaterialet innehåller många osäkerheter är också föreliggande bedömning osäker och ska tolkas med försiktighet. Med denna reservation så antas volymen energived öka i alla scenarier fram till 2035 då den planar ut i scenario Kombination. Mängden energived i detta scenario bedöms kunna bli cirka dubbelt så stort som idag fram till 2040 men därefter återgå till ungefär dagens volymer kring 2050. I Fokus mångfald ökar volymen energived fram till 2040 för att därefter avta och där mängden motsvarar knappt 10 TWh per år kring 2040 respektive cirka 8 TWh per år kring 2050. I Fokus tillväxt antas mängden kontinuerligt öka och vara dubbelt så stor kring 2035 som idag och fortsätta öka till motsvarande cirka 13 TWh per år 2050. En anledning till att mängden energived bedöms minska efter 2035 och 2040 i scenario Kombination respektive Fokus mångfald är att dessa skogsbruksscenarier antas innefatta åtgärder som succesivt leder till minskade risker för olika slags skogsskador (se diskussionen ovan).



Figur 9. Potential av energived i respektive scenario mellan 2030 och 2050. Baserat på egna bedömningar innehållande stora osäkerheter med utgångspunkt från information i SKA22 (Skogsstyrelsen 2022e). Den gråa punkten visar uppskattat energivedsuttag idag (5,3 TWh/år, exklusive brännved för hushållsanvändning).

3.3 Sågspån

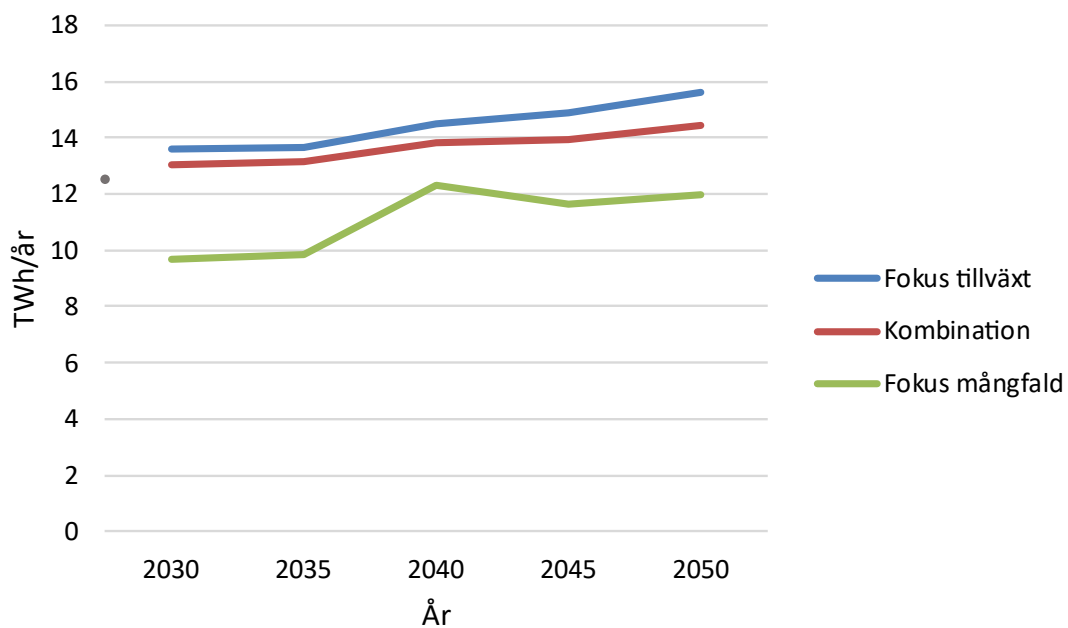
Baserat på uppskattade nettoavverkningar i respektive scenario som beskrivs i Tabell 2 (Kapitel 2), samt fördelningen mellan sågtimmer och massaved, har mängden sågspån (inklusive kutterspån) beräknats. Mängden sågspån som genereras per miljon kubikmeter sågtimmer under bark (Mm3fub) har tidigare beräknats till cirka 0,275 TWh (Börjesson, 2021). När även kutterspån inkluderas ökar mängden med cirka 17%. Dagens produktion av sågspån, inklusive kutterspån, uppgår till motsvarande cirka 11,9 TWh per år (Börjesson, 2021). Denna volym bedöms fullt ut utnyttjas och framför allt för energiändamål inom skogsindustrin, i fjärrvärmeproduktion och för individuell uppvärmning. En stor andel, motsvarande cirka 7,5 TWh per år, förädlas till bränslepellets (Pelletsförbundet, 2025). En mindre andel används också för andra ändamål än för energi, t ex som råvara till produktion av spånskivor (cirka 10%) samt som stallströ (mindre än 10%) (Jarnerö m fl., 2024), men dessa användningsområden försummas i detta arbete. Sågspånsproduktionen följer mängden timmer till sågverk (Tabell 2) och bedöms förbli relativt oförändrad i scenario Kombination till 2050 jämfört med idag (Figur 10). I Fokus tillväxt sker en svag ökning och där årsproduktionen bedöms uppgå till knappt 14 TWh 2050. I Fokus mångfald sjunker produktion av sågspån till drygt 8 TWh/år kring 2030 för att sedan ligga kring drygt 10 TWh/år 2050.



Figur 10. Potential av sågspån, inklusive kutterspån, i respektive scenario mellan 2030 och 2050. Baserat på SKA22 och egna beräkningar (Skogsstyrelsen 2022c; Börjesson 2021). Den grå punkten visar uppskattad total produktion idag (11,9 TWh/år) där den övervägande andelen används för energiändamål (se text).

3.4 Bark

Bark genereras både från sågtimmer och massaved och bedöms idag uppgå till totalt cirka 12,5 TWh/år, fördelat på cirka 6,2 TWh från sågtimmer och 6,3 TWh/år från massaved (Börjesson, 2021). Mängden bark som genereras per Mm³fub sågtimmer och massaved uppskattas till 0,166 respektive 0,169 TWh (Börjesson, 2021). Här antas att all bark utnyttjas fullt ut idag och framför allt för energiändamål inom skogsindustrin och i fjärrvärmeproduktion. En mindre del bark används också för andra ändamål som t ex jordförbättringsmedel men detta försummas i detta arbete. Mängden bark följer volymen sågtimmer och massaved (Tabell 2) och bedöms vara något högre i scenario Kombination och Fokus tillväxt kring 2030 jämfört med idag och öka svagt till 2050 (Figur 11). Kring 2050 bedöms mängden bark motsvara drygt 14 TWh/år i scenario Kombination och knappt 16 TWh/år i Fokus tillväxt. I Fokus mångfald sjunker produktion av bark till cirka 10 TWh/år kring 2030 för att sedan öka till cirka 12 TWh/år 2040 för att därefter ligga relativt konstant.

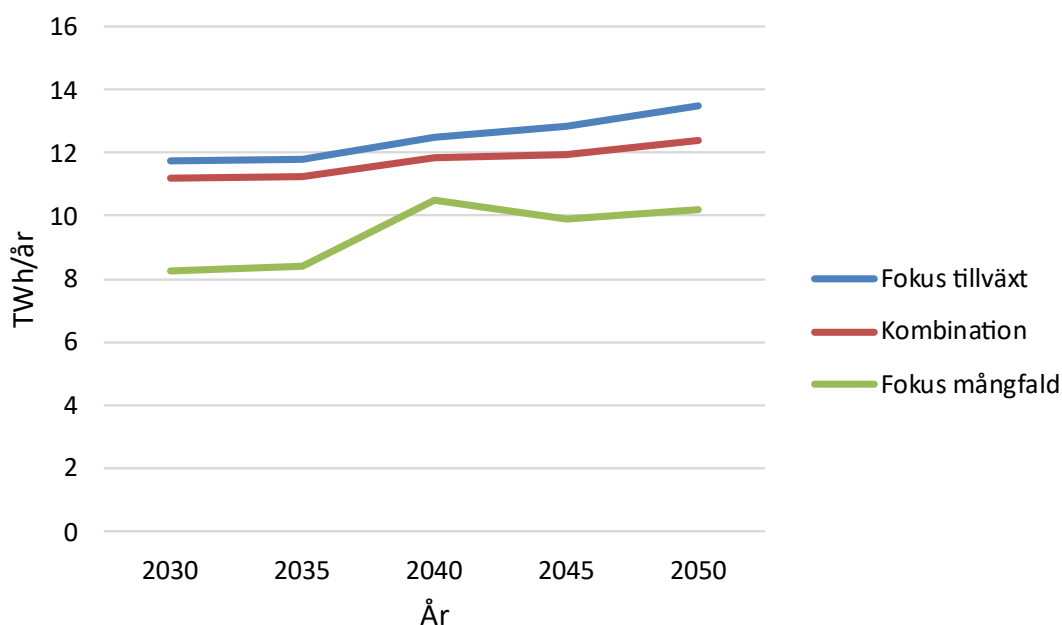


Figur 11. Potential av bark från sågtimmer och massaved i respektive scenario mellan 2030 och 2050. Baserat på SKA22 och egna beräkningar (Skogsstyrelsen 2022c; Börjesson 2021). Den gråa punkten visar uppskattad produktion idag (12,5 TWh/år) där den övervägande andelen används för energiändamål (se text).

3.5 Lignin

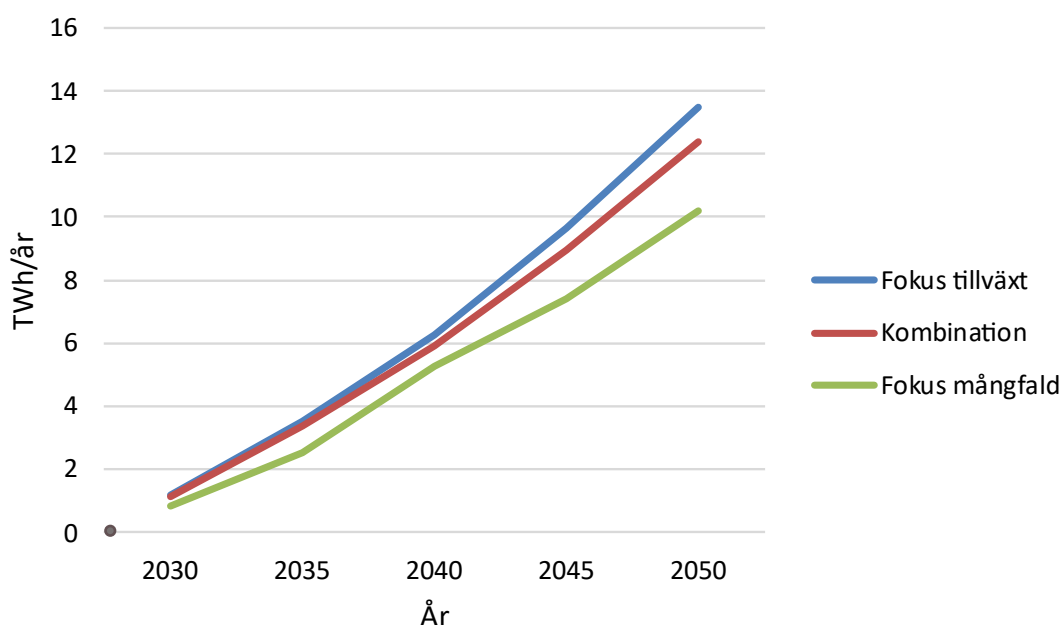
Lignin utnyttjas idag för generering av processenergi i massabruk genom förbränning av svartlut. En del av detta lignin bedöms dock potentiellt kunna utvinnas med existerande kommersiell teknik och användas externt. I en tidigare studie av Börjesson (2021) har potentialen av lignin för extern energianvändning beräknats utifrån antagandet att upp till 25% av den mängd lignin som återfinns i svartlut i svenska sulfatmassabruk är möjlig att utvinna utan att äventyra massabrukets energibalans och kemikalieåtervinning (d v s cirka 75% av svartlutens lignin krävs för att säkerställa dessa processer). Baserat på detta antagande samt den totala massaproduktionen i svenska sulfatmassabruk beräknas dagens teoretiska potential av lignin uppgå till cirka 9,9 TWh/år (Börjesson, 2021). Mängden lignin som bedöms möjlig att utvinna per Mm³fub massaved uppskattas motsvara 0,265 TWh (Börjesson, 2021).

Mängden lignin följer volymen massaved (Tabell 2) och här antas att andelen massabruk som är sulfatmassabruk är oförändrad till 2050. I Figur 12 framgår det att potentialen av lignin för extern energianvändning bedöms kunna uppgå till mellan cirka 11 till 12 TWh per år i scenario Kombination. Motsvarande potential i Fokus tillväxt och Fokus mångfald uppskattas till mellan cirka 12 till 14 TWh respektive 8 till 10 TWh per år under perioden 2030-2050. Ett nettouttag motsvarande dessa nivåer förutsätter en fortsatt energieffektivisering i sulfatmassabruken och ett minskat behov av tillförd mängd processenergi per ton producerad pappersmassa. I annat fall behöver ligninuttaget kompenseras av andra biobränslen som spån, bark eller grot vilket i sin tur innebär att nettotillförseln av skogsbaserade biobränslen blir lägre. En annan eventuell effekt av ett ökat ligninuttag är att produktionen av el vid massabruk minskar, d v s även detta leder till en minskad nettotillförsel av energi.



Figur 12. Potential av lignin för extern användning från massaproduktion i sulfatmassabruk i respektive scenario mellan 2030 och 2050. Baserat på SKA22 och egna beräkningar (Skogsstyrelsen 2022c; Börjesson 2021). Idag sker inget uttag av lignin för extern användning men den teoretiska uttagspotentialen vid dagens sulfatmassaproduktion uppskattas till 9,9 TWh/år.

Potentiella investeringar i ligninuttag antas ske succesivt då dessa är kapitalintensiva (oftast uppskattade till 2-3 miljarder per massabruk). Dessutom bedöms tidsperioden från investeringsbeslut till kommersiell produktion uppgå till ett flertal år p g a tillståndprocesser, planering och upphandling, byggande och provdrift mm. Den realiserbara potentialen antas därför i detta arbete vara begränsad de närmaste åren för att öka succesivt motsvarande 10% 2030, 30% 2035, 50% 2040, 75% 2045 och nå den fulla potentialen kring 2050. Under denna period antas också en kontinuerlig energieffektivisering fortgå som lett till ett minskat behov av processenergi per ton massa, som i sin tur innebär att det inte krävs någon kompensation av externa biobränslen som spån, bark och grot. I Figur 13 visas hur den realiserbara potentialen av lignin för extern användning antas kunna utvecklas över tid med samma antaganden som i Figur 12, d v s att andelen massabruk som är sulfatmassabruk antas vara oförändrad till 2050.



Figur 13. Antagen realiserbar potential av lignin för extern användning från massaproduktion i sulfatmassabruk i respektive scenario mellan 2030 och 2050 när hänsyn tas till praktiska begränsningar i form av investeringar i kommersiell produktion, energieffektiviseringar och minskat behov av processenergi per ton massa. Baserat på Figur 12 som justerats utifrån antagandet om en succesiv ökad produktion från 2030 till 2050 (se text). Idag sker inget uttag av lignin för extern användning i svenska massabruk vilket illustreras av den gråa punkten.

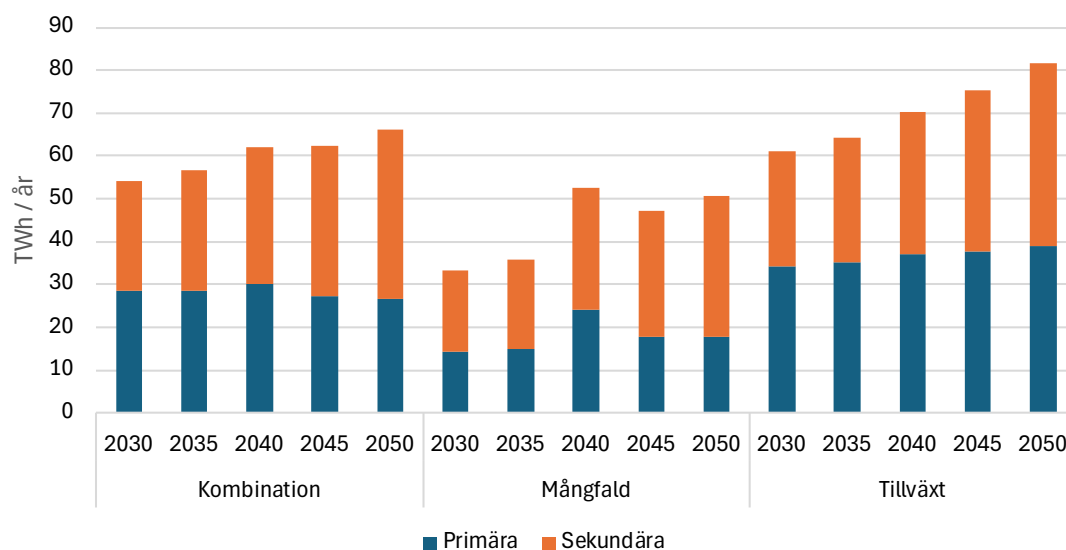
3.6 Sammanlagd potential av skogsbaserade rest- och biprodukter

I Tabell 3 sammanfattas den sammanlagda realiserbara potentialen av skogsbaserade biobränslen fram till 2050 baserat på de beräkningar som gjorts i Avsnitt 3.1 till 3.5. I Figur 14 visas potentialen uppdelat mellan primära bränslen, d v s grot och energived, respektive sekundära bränslen, d v s sågspån, bark och lignin. Den sammanlagda totala potentialen är i genomsnitt cirka 66 TWh per år under perioden 2030 till 2050 i scenario Kombination. Motsvarande genomsnittliga potentialer är 76 TWh per år i Fokus tillväxt respektive 48 TWh per år i Fokus mångfald. Skillnaden uppgår således till cirka 10 TWh per år mellan scenario Kombination och Fokus mångfald respektive cirka 18 TWh per år mellan Fokus tillväxt och Fokus mångfald. Som angetts tidigare beräknas dagens tillförsel av grot, energived, sågspån och bark uppgå till cirka 8,8, 5,3, 11,9 respektive 12,5 TWh per år (och där den absoluta majoriteten används för energiändamål inom skogsindustrin, i fjärrvärmeproduktion och för individuell uppvärmning), vilket ger en total tillförsel om cirka 39 TWh per år. Detta innebär i sin tur en ökningspotential om cirka 27 TWh per år kring 2050 i scenario Kombination jämfört med idag. Motsvarande ökningspotentialer är cirka 43 TWh i Fokus tillväxt respektive cirka 12 TWh per år i Fokus mångfald. Som beskrivs tidigare förutsätts en kontinuerlig energieffektivisering inom sulfatmassaindustrin och ett allt lägre behov av

processenergi per ton producerad pappersmassa för att frigöra lignin för extern användning. I annat fall minskar nettopotentialen av skogsbaserade biobränslen något eftersom delar av dagens användning av lignin för att generera processenergi behöver kompenseras av andra biobränslen som spån, bark eller grot.

Tabell 3. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i respektive scenario mellan 2030 och 2050 inklusive grot, energived, sågspån, bark och lignin (realiserbar potential), uttryckt som TWh per år.

Scenario	TWh/år	År				
		2030	2035	2040	2045	2050
Kombination						
	Grot	19,4	18,7	20,7	19,4	20,2
	Energived	9,0	9,9	9,6	7,9	6,3
	Sågspån	11,5	11,6	12,1	12,3	10,6
	Bark	13,0	13,1	13,8	13,9	14,5
	Lignin	1,1	3,4	5,9	9,0	12,4
	TOTALT	54,1	56,7	62,1	62,4	66,1
Fokus mångfald						
	Grot	7,7	7,4	14,9	9,8	10,3
	Energived	6,7	7,5	9,3	8,0	7,5
	Sågspån	8,6	8,7	10,9	10,3	10,6
	Bark	9,7	9,9	12,3	11,6	12,0
	Lignin	0,8	2,5	5,2	7,4	10,2
	TOTALT	33,4	35,9	52,7	47,2	50,5
Fokus tillväxt						
	Grot	24,9	24,7	25,6	25,7	26,2
	Energived	9,4	10,4	11,3	12,0	12,8
	Sågspån	11,9	11,9	12,6	13,0	13,6
	Bark	13,6	13,7	14,5	14,9	15,6
	Lignin	1,2	3,5	6,3	9,6	13,5
	TOTALT	61,0	64,2	70,3	75,2	81,7



Figur 14. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i respektive scenario mellan 2030 och 2050 inklusive primära bränslen (grot och energived) samt sekundära bränslen (sågspån, bark och lignin), uttryckt som TWh per år.

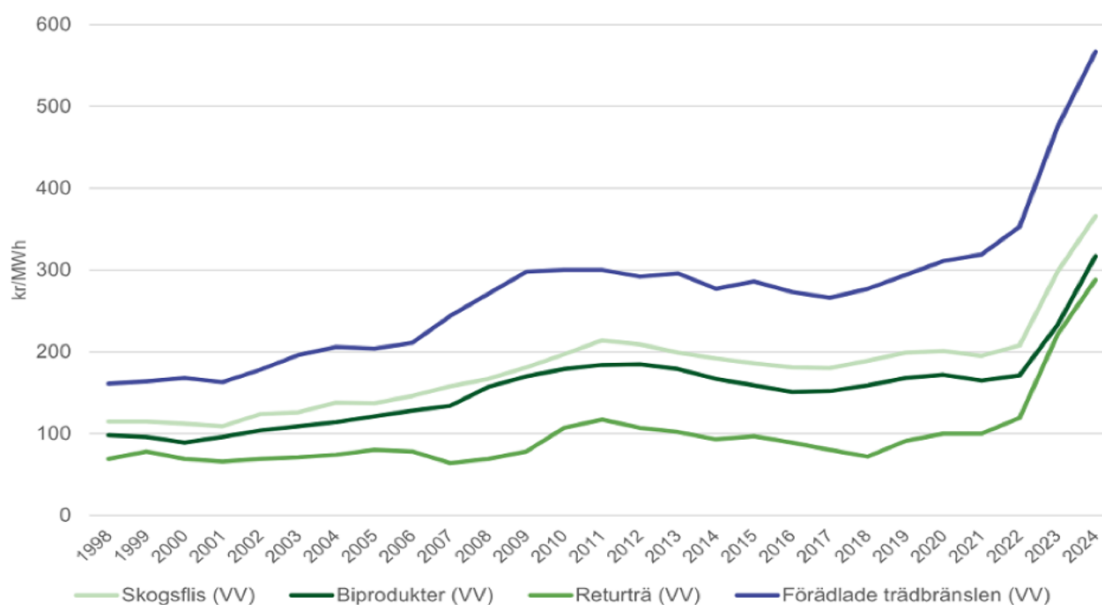
3.7 Lågvärdesträd (sly)

Förutom de skogsbaserade biobränslen som redovisas ovan så utgör sly, eller så kallade *lågvärdesträd*, en möjlig biobränsleråvara som endast i begränsad omfattning tas tillvara idag. Tillgången på sly bedöms vara betydande och finns vid kraftledningsgator, skogsbilvägar, järnvägar, åkerkanter mm (se t ex Emilsson et al., 2017). Dessutom kan slytäkt bli aktuellt för att bibehålla biologisk mångfald i igenväxta naturbetesmarker när betesdjur försvinner och i avsättningar av produktiv skog för naturvård som kräver skötsel. Uttag av lågvärdesträd är också möjlig i eftersatta röjningar. Tidigare potentialuppskattningar visar att tillgången på lågvärdesträd i eftersatta röjningar kan uppgå till motsvarande cirka 2-3 TWh per år och övrig slytäkt till 5-8 TWh per år (Börjesson, 2021). Dessa uppskattningar baseras i sin tur på studier av Ebenhard m fl. (2017) samt Emanuelsson m fl. (2014). En uppskattning av Skogforsk är att det årligen finns mellan 5 till 10 TWh lågvärdesträd att skörda bara i infrastrukturåtgärder de kommande 10-20 åren, då stora delar av landskapet i Sverige haft en snabb igenväxning de senaste årtiondena (Lacruz, 2023). Idag bedöms cirka 0,8 TWh sly användas per år för energiändamål (Lacruz, 2023).

En anledning till det begränsade utnyttjandet av lågvärdesträd för energiändamål är att lönsamheten varit begränsad p g a låga skogsbränslepriser i jämförelse med skörde- och transportkostnader. Områden med stor volym sly per ytenhet och som utgörs av något större träd (minst 5-7 cm i diameter) ger oftast bäst ekonomiska förutsättningar. Under de senaste två åren har skogsbränslepriserna nästan fördubblats (Figur 15) (Energimyndigheten, 2025b),

vilket gör skörd av sly betydligt mer lönsam idag. Samtidigt krävs en fortsatt teknikutveckling av skördemaskiner för att effektivisera avverkningarna. En fördel med sly jämfört med t ex grot är att energiinnehållet oftast är högre eftersom andelen stamved är högre. Sly kan lagras, flisas och transporteras på samma sätt som grot (Lacruz, 2023).

Potentialen av lågvärdesträd bedöms totalt sett vara relativt lika i de olika skogsbruksscenarierna eftersom en stor andel av potentialen utgörs av slytäkt vid befintlig infrastruktur som vägar, ledningsgator osv. Potentialen från naturvårdsskötsel bedöms bli störst i Fokus mångfald eftersom avsättningar av produktiv skogsmark för naturvårdsändamål är som störst här, följt av scenario Kombination där arealen nya avsättningar är hälften så stor (se Tabell 1, Kapitel 2). När det gäller lågvärdesträd från eftersatta röjningar kan denna potential vara något högre i Fokus tillväxt eftersom detta scenario har den högsta avverkningsvolymen. Sammanfattningsvis antas potentialen lågvärdesträd uppgå till cirka 10 TWh per år när infrastrukturåtgärder, naturvårdsskötsel samt eftersatta röjningar adderas ihop och där skillnaderna mellan skogsbruksscenarierna är relativt små. Den realiserbara potentialen bedöms vara något lägre de närmaste åren, cirka 3 TWh per år 2030 och 6 TWh per år 2035, då en fortsatt utveckling av skördeteknik och investeringar i skördekapacitet krävs. Ett utnyttjande av den fulla potentialen antas nå kring 2040.



Figur 15. Trädbränslepriser för värmeverk 1988-2024 (Energimyndigheten, 2025b).

3.8 Snabbväxande lövträd på nedlagd jordbruksmark

En annan potentiell vedråvara för energiändamål är snabbväxande lövträd på nedlagd jordbruksmark. I tidigare potentialuppskattningar har odling av snabbväxande lövträd som poppel och hybridasp på nedlagd jordbruksmark uppskattats kunna leverera 2 till 4 TWh per år kring 2050 (Börjesson, 2021). Omloppstiden är cirka 20-25 år för poppel och hybridasp vilket innebär att denna potential först kan bli tillgänglig kring 2045. Uppskattningarna baseras dels på arealen nedlagd jordbruksmark och hur denna utvecklats under de senaste decennierna, dels på uppskattade skördenivåer på olika marktyper och regioner i Sverige (se t ex Olofsson och Börjesson, 2016). Nedlagd jordbruksmark avser mark som inte uppbär EU-stöd och som inte är med i jordbruksstatistiken som åkermark. Senare studier visar dock att biobränslepotentialen från snabbväxande lövträd på nedlagd jordbruksmark sannolikt är lägre när hänsyn tas till att dessa marker i många fall används för andra ändamål och att markägare därför inte prioriterar odling av snabbväxande lövträd (se t ex Anander m fl., 2024; Thomson Ek m fl., 2024; Winberg m fl., 2024). En bedömning av Anander m fl (2024) är att den realiserbara potentialen kan vara tre gånger lägre, eller ännu lägre, jämfört med tidigare potentialuppskattningar där markägares perspektiv inte inkluderats.

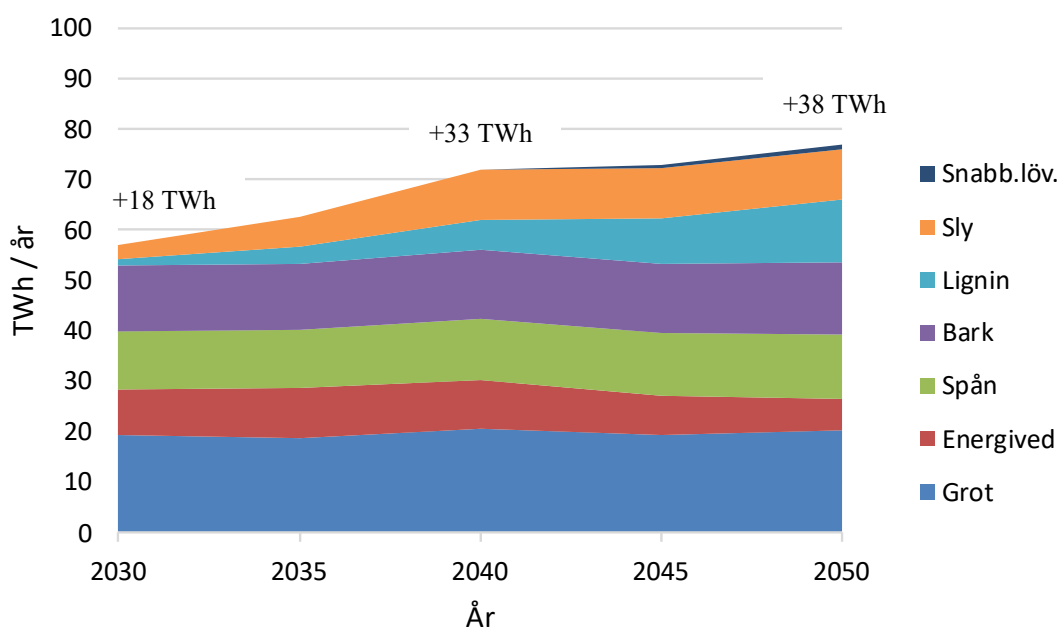
En faktor som kan innebära ett ökat intresse för odling av snabbväxande lövträd på nedlagd jordbruksmark är dock de kraftigt ökade biobränslepriserna under de senaste åren och att högre bränslepriser förväntas i framtiden (Figur 15). Även i en nyligen publicerad EU-rapport (Impact Assessment Report) inkluderas en ökad odling av snabbväxande energiskog på jordbruksmark i scenarier till 2040 för att stärka regionens försörjningstrygghet och snabbt öka kolhalten i åkermark (EC, 2024). Ett grovt antagande är därför att den realiserbara biobränslepotentialen från snabbväxande lövträd på nedlagd jordbruksmark kan motsvara cirka 0,5 TWh per år kring 2045 respektive 1 TWh per år kring 2050.

3.9 Sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen

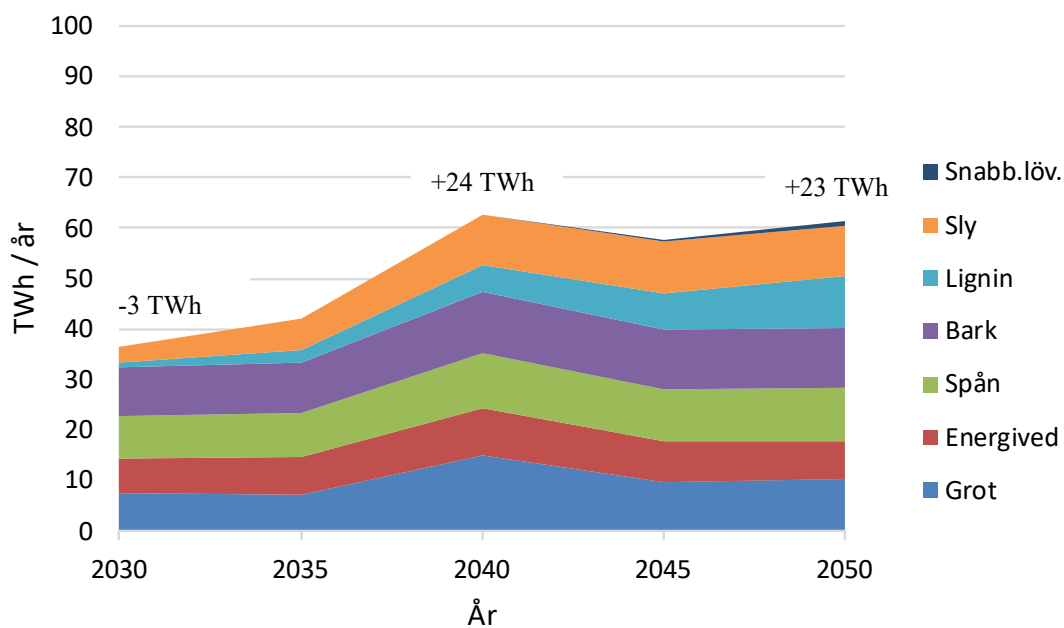
I Figur 16, 17 och 18 har den sammanlagda realiserbara potentialen av skogsbaserade biobränslen, d v s inklusive lågvärdesträd (sly) och snabbväxande lövträd på nedlagd jordbruksmark, adderats ihop för respektive scenario avseende tidsperioden 2030 till 2050. Dessutom görs en jämförelse med dagens sammanlagda tillförsel av de aktuella råvarorna som uppgår till cirka 39 TWh per år och som till absolut största delen används för energiändamål (se avsnitt 3.6). Som framgår av Figur 16 bedöms potentialen för ökad tillförsel av skogsbaserade biobränslen i scenario Kombination uppgå till cirka 18 TWh per år kring 2030 jämfört med idag samt kring 33 TWh och 38 TWh kring 2040 respektive 2050. I Fokus mångfald (Figur 17) är biobränslepotentialen något lägre 2030 jämfört med idag, cirka -3 TWh per år, medan den är cirka 24 TWh och 23 TWh per år högre kring 2040 respektive 2050. I Fokus tillväxt (Figur 18) är ökningspotentialen 25-40% högre jämfört med

i scenario Kombination och uppgår till cirka 25 TWh, 41 TWh och 54 TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050.

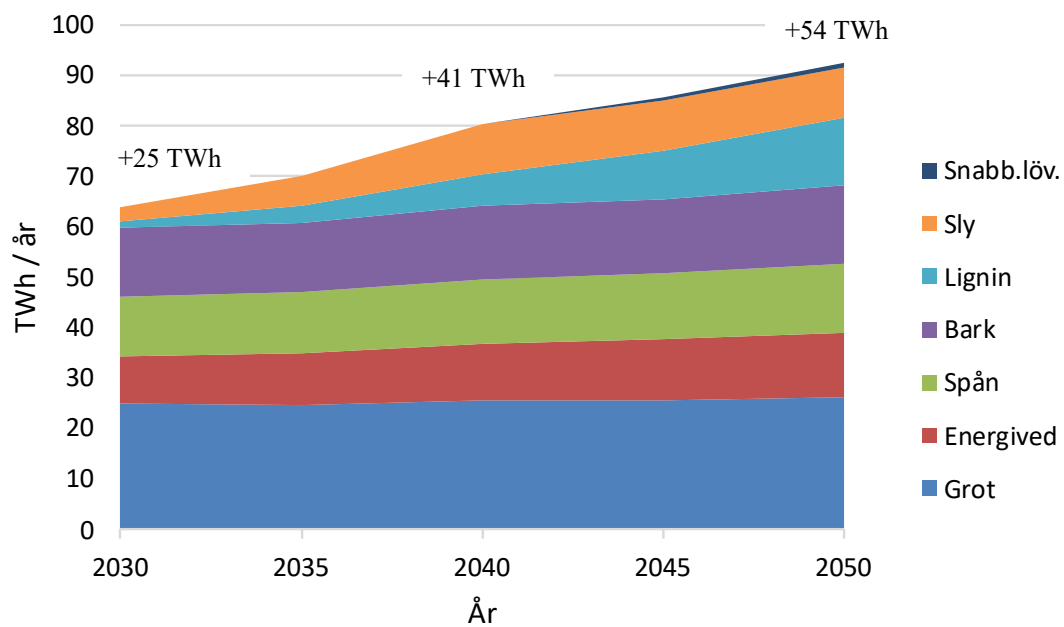
En slutsats från resultaten i Figur 16-18 är att det finns en potential för ökad tillförsel av skogsbaserade biobränslen i alla scenarier från 2035 och framåt, d v s även i Fokus mångfald som inkluderar en ökad avsättning av produktiv skogsmark för naturvård, ökad andel hyggesfri skogsskötsel och naturlig föryngring samt högre slutavverkningsålder. I basscenariot Kombination ingår också förstärkta åtgärder för ökad biologisk mångfald jämfört med idag men också för ökad tillväxt och som diskuterats i Kapitel 2. Ökningstakten i tillförseln av skogsbaserade biobränslen motsvarar i detta scenario i genomsnitt cirka +1,5 TWh per år från idag till 2050. Som jämförelse har ökningstakten för biobränslen legat kring drygt +2,5 TWh per år i det svenska energisystemet under de senaste 40 åren (inklusive import av framför allt biodrivmedel) (Energimyndigheten, 2025c). Motsvarande genomsnittlig årlig ökningspotential mellan idag och 2050 uppgår till cirka +1 TWh i Fokus mångfald respektive drygt +2 TWh i Fokus tillväxt.



Figur 16. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i scenario Kombination mellan 2030 och 2050, uttryckt som TWh per år. Dessutom visas ökningspotentialen i TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050, jämfört med dagens tillförsel (cirka 39 TWh per år).



Figur 17. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i Fokus mångfald mellan 2030 och 2050, uttryckt som TWh per år. Dessutom visas ökningspotentialen i TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050, jämfört med dagens tillförsel (cirka 39 TWh per år).



Figur 18. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i Fokus tillväxt mellan 2030 och 2050, uttryckt som TWh per år. Dessutom visas ökningspotentialen i TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050, jämfört med dagens tillförsel (cirka 39 TWh per år).

4. EU's klimat- och miljöpolitiska styrmedel – några möjliga effekter

Det finns ett flertal nya direktiv och förordningar inom EU som kopplar till klimat och biologisk mångfald och som kan komma att påverka förutsättningarna för skogsbruk och skogsbaserade biobränslen framöver. Ett exempel är förordningen om Land Use, Land Use Change and Forestry, eller LULUCF, som bl a inkluderar skog som kolsänka och som kan påverka framtida avverkningsnivåer (EU, 2021). Ett annat exempel är Förnybartdirektivet, eller Renewable Energy Directive (RED III), som innefattar hållbarhetskriterier för bioenergi och där revideringar kan påverka möjligheterna att använda specifika skogsbränslen (EU, 2023). REDIII träder i kraft nationellt under 2025. I följande kapitel ges tre olika exempel av hur dessa styrmedel eventuellt skulle kunna påverka den framtida ökade tillförselpotentialen som beräknats i Kapitel 3.

4.1 LULUCF – minskade avverkningsnivåer

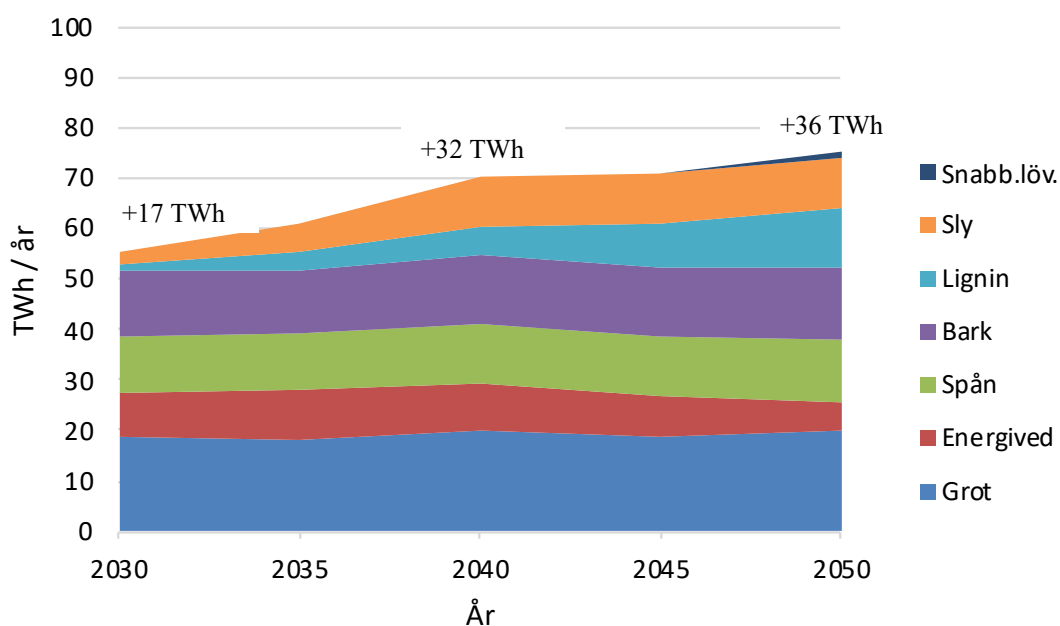
EU's LULUCF-förordning reglerar utsläpp och upptag av växthusgaser inom sektorn för markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk. Förordningen innebär att EU-länderna gemensamt ska öka nettoupptaget av koldioxid med drygt 40 miljoner ton till minst 310 miljoner ton 2030. Sveriges andel av detta ökade nettoupptag är 4 miljoner ton till 2030 (jämfört med genomsnittsnivån under perioden 2016-2018) (Naturvårdsverket, 2024). Förutom ökad inbindning av kol i ovanjordisk biomassa som skog, i skogs- och åkermark osv, är det också möjligt att inkludera en ökad kolinlagring i träprodukter där kolsänkan ökar med träprodukternas livslängd. Det finns olika flexibla mekanismer inom LULUCF-förordningen där överskott eller underskott av fastställda nettoupptag kan överföras till, eller kompenseras av andra sektorers klimatåtgärder. För en mer detaljerad beskrivning och analys av Sveriges möjligheter att nå LULUCF-förordningens mål, se Naturvårdsverket (2024).

Historiskt har nettoinbindningen av koldioxid i svensk skog kontinuerligt ökat, vilket bland annat har berott på att tillväxten överskridit avverkningsnivåerna. Nettoinbindningen har dock minskat under senare år p g a lägre tillväxtökningar (orsakade av torka, insektsangrepp mm) samtidigt som avverkningsnivåerna varit höga. Denna minskning av kolinbindning i levande träd har dock till viss del kompensrats av en ökad tillförsel av biomassa till kolpoolerna dött organiskt material (grenar, toppar, stubbar, skadad rundved mm) och på

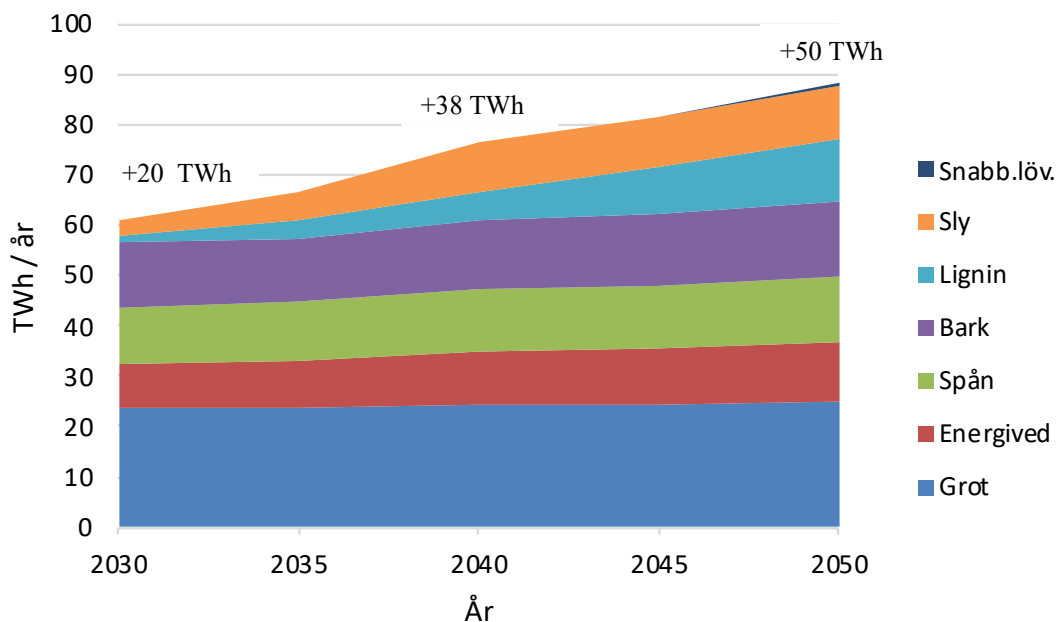
sikt markkol (Naturvårdsverket, 2025). För att nå LULUCF-förordningens mål är en möjlig åtgärd att produktiv skog sparas som kolsänka vilket utretts tillsammans med andra LULUCF-åtgärder i olika utredningar (se t ex Naturvårdsverket, 2024; Andersson et al., 2024; Wikberg et al., 2023; SOU, 2020). Hur mycket produktiv skog som skulle behöva sparas beror av en mängd faktorer som t ex effektiviteten i andra åtgärder, hur skogstillväxt och avverkningsnivåer utvecklas mm. Till exempel innebär plantering av snabbväxande lövträd på nedlagd jordbruksmark (se avsnitt 3.8) ökad kolinlagring men detta beaktas inte i denna studie. Nedan görs därför enbart ett par översiktliga räkneexempel för att illustrera hur eventuellt ökade krav på sparad produktiv skog skulle kunna påverka skogsbränslepotentialen.

I scenario Kombination antas det i detta räkneexempel att LULUCF-krav kan komma att innebära att ytterligare 2,5% av produktiv skogsmark, eller cirka 600 000 hektar, måste avsättas som kolsänka, förutom de cirka 5% produktiv skogsmark som avsätts för biologisk mångfald (se Tabell 1). När det gäller Fokus mångfald antas det i denna studie att inga ytterligare avsättningar av produktiv skog som kolsänka kan komma att krävas p g a LULUCF-krav eftersom detta scenario redan inkluderar nya avsättningar av produktiv skogsmark motsvarande cirka 10% för biologisk mångfald samt en ökad lägsta slutavverkningsålder om 10% på 70% av arealen (se Tabell 1). I Fokus tillväxt antas det i detta räkneexempel att 5% produktiv skogsmark, eller cirka 1,2 miljoner hektar, kan komma att behöva avsättas p g a LULUCF-krav. I detta scenario sker inga nya avsättningar för biologisk mångfald samtidigt som lägsta slutavverkningsåldern sänks med 10% (se Tabell 1). Som jämförelse inkluderade Wikberg m fl. (2023) i en studie av utvecklingen av upptag och utsläpp från LULUCF-sektorn ett scenario med ökad avsättning motsvarande cirka 1,4 miljoner hektar produktiv skogsmark. Även Skogsstyrelsen har analyserat effekterna av att avsätta produktiv skogsmark för kolinlagring där ett scenario inkluderade en ökad avsättning om 11% produktiv skogsmark (Skogsstyrelsen, 2023a).

De räkneexempel som presenteras här baseras således inte på noggranna analyser och modelleringar över utsläpp och upptag av växthusgaser från LULUCF-sektorn och specifikt skogsbruket, utan ska enbart ses som illustrativa räkneexempel. Ett ytterligare antagande är att en ökad avsättning av produktiv skogsmark leder till en motsvarande minskning i årlig avverkning och tillförsel av rundved till skogsindustrin. Detta antas i sin tur innebära motsvarande minskningar i tillförseln av såväl primära skogsbränslen (grot och skadad rundved) som sekundära (sågspån, bark och lignin). Sly och snabbväxande lövträd påverkas dock inte. Figur 19 och 20 visar hur den totala potentialen av skogsbaserade biobränslen påverkas om avverkningsnivåerna minskar med 2,5% i scenario Kombination respektive med 5% i Fokus tillväxt p g a krav på ökad kolinlagring i produktiv skog drivet av LULUCF-förordningen. Den totala potentialen av skogsbaserade biobränslen minskar i dessa fall med mellan 1 till 2 TWh per år i scenario Kombination (jämför Figur 16 och 19), respektive med mellan 3 och 4 TWh per år i Fokus tillväxt (jämför Figur 18 och 20).



Figur 19. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i scenario Kombination mellan 2030 och 2050, uttryckt som TWh per år, när avverkningsnivån antas behöva minska med 2,5% p g a ökade krav på kolinbindning i produktiv skog drivet av LULUCF-förordningen. Dessutom visas ökningspotentialen i TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050, jämfört med dagens tillförsel (cirka 39 TWh per år).



Figur 20. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i Fokus tillväxt mellan 2030 och 2050, uttryckt som TWh per år, när avverkningsnivån antas behöva minska med 5% p g a ökade krav på kolinbindning i produktiv skog drivet av LULUCF-förordningen. Dessutom visas ökningspotentialen i TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050, jämfört med dagens tillförsel (cirka 39 TWh per år).

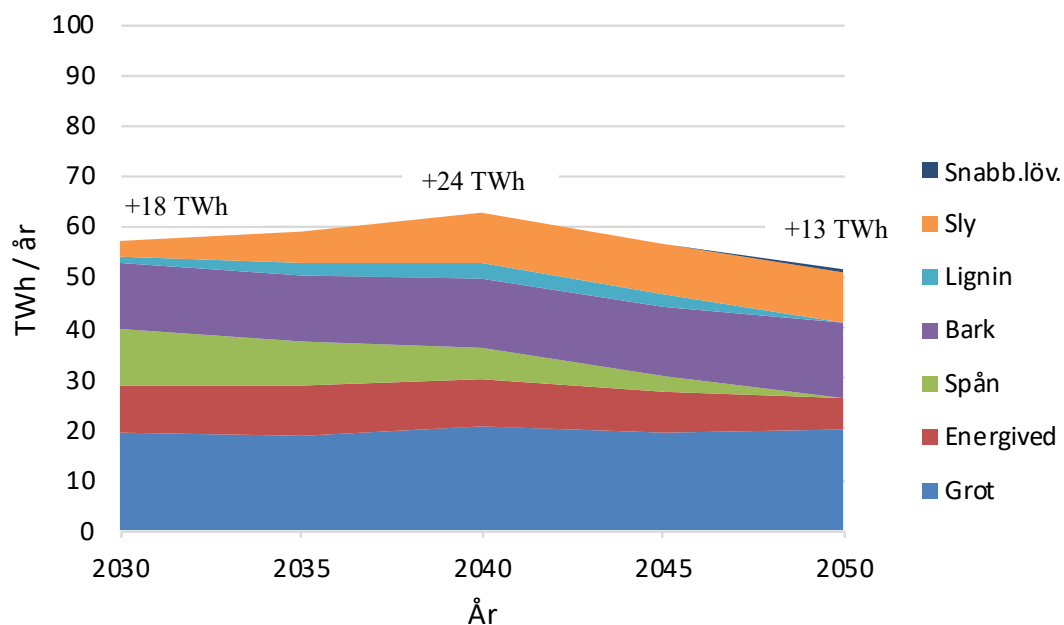
4.2 Förnybartdirektivet - kaskadprincipen

I EU's Förnybartdirektiv, eller RED III, beskrivs bl a vilka olika hållbarhetskriterier som ska uppfyllas för biobränslen där t ex biomassa från skyddad skog, naturskogar och marker med hög biodiversitet inte får användas. Dessutom får rundved av industrikvalitet eller stubbar inte användas för energiändamål. I den senaste revideringen, d v s RED III, förstärktes också den så kallade "kaskadprincipen" vilket innebär att biomassaråvara i första hand ska användas för högvärdiga och långlivade produkter och i sista hand för energiändamål (EU, 2023). Undantag får dock göras om teknik eller marknad för nya produkter inte är utvecklade, om råvaran inte är lämplig för nya produkter eller om den aktuella råvaran är svår att ersätta med andra energilösningar.

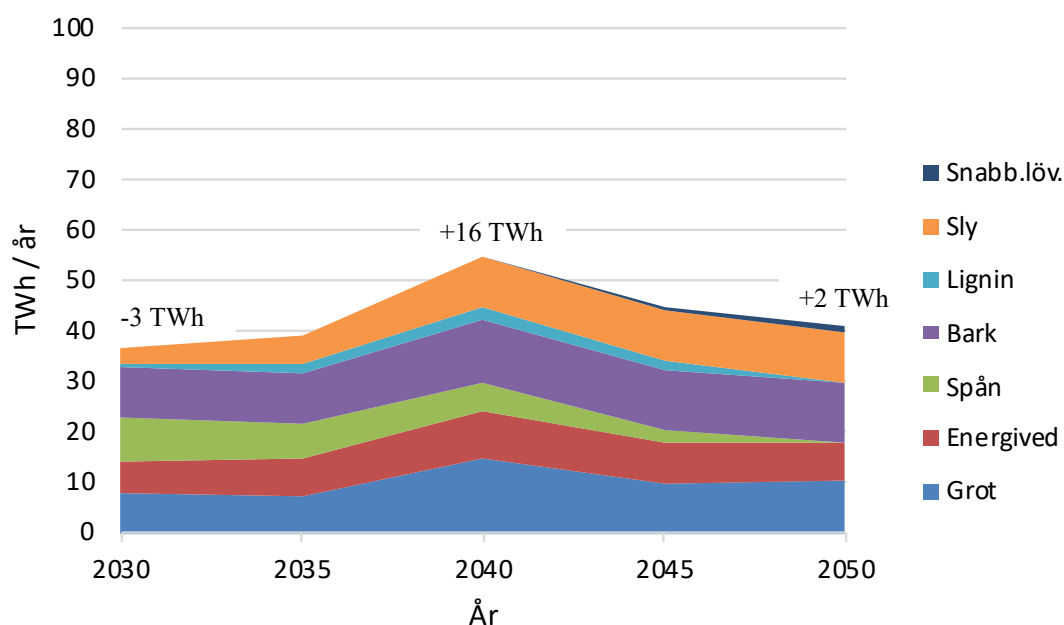
Om kraven i kaskadprincipen skärps vid implementering och kommande revideringar av RED, liksom undantagen, kan eventuellt sågspån och lignin få svårt att uppfylla hållbarhetskriterierna eftersom dessa råvaror i viss utsträckning redan idag används till mer högvärdiga produkter. Exempel är byggsivor baserat på sågspån (se avsnitt 3.3 samt Jarnerö m fl., 2024) och lignin som t ex utvinns idag vid StoraEnso's massabruk Sunila i Finland och som bl a används som råvara för bindemedel i olika byggmaterialprodukter (StoraEnso, 2025). En ökad användning av sågspån och lignin som råvara i nya produkter, drivet av kaskadprincipen, bedöms dock ske över tid och när produktionsteknologier och marknader för dessa produkter utvecklas (se t ex Börjesson och Björnsson, 2024). För att illustrera möjliga effekter av kaskadprincipen på framtida ökningspotentialer av skogsbränslen antas här att sågspån som idag används för energiändamål (se avsnitt 3.3) och lignin som kan komma att utvinnas och användas för extern energiproduktion (se avsnitt 3.5) i stället börjar användas som råvara för långlivade produkter kring 2030, och fullt ut kring 2050 (med fördelningen 25% år 2035, 50% år 2045 samt 75% år 2045). I Figur 21-23 visas konsekvenserna av detta antagande för den sammanlagda potentialen av skogsbaserade biobränslen i de tre scenarierna.

Om såväl sågspån som utvunnet lignin skulle falla bort som biobränslen i framtiden skulle ökningspotentialen i scenario Kombination variera mellan 13-24 TWh per år under perioden 2030 till 2050 med en topp kring 2040 (Figur 21). Den minskade potentialen av skogsbaserade biobränslen uppgår i detta scenario till cirka 9 TWh år 2040 respektive 25 TWh år 2050 (jämför Figur 16 och 21). I Fokus mångfald fås en ökad tillförselpotential till 2040, motsvarande cirka 16 TWh per år, varefter den minskar igen till cirka 2 TWh per år kring 2050 (Figur 22). Detta motsvarar en minskad potential av skogsbaserade biobränslen med cirka 8 TWh år 2040 respektive 21 TWh år 2050, jämfört med om kaskadprincipen inte får någon påverkan (jämför Figur 17 och 22). I Fokus tillväxt varierar ökningspotentialen mellan 25-32 TWh per år under perioden 2030 till 2050 med en topp kring 2040 (Figur 23). Detta motsvarar en minskad potential av skogsbaserade biobränslen med cirka 9 TWh år 2040 respektive 27 TWh år 2050 (jämför Figur 18 och 23).

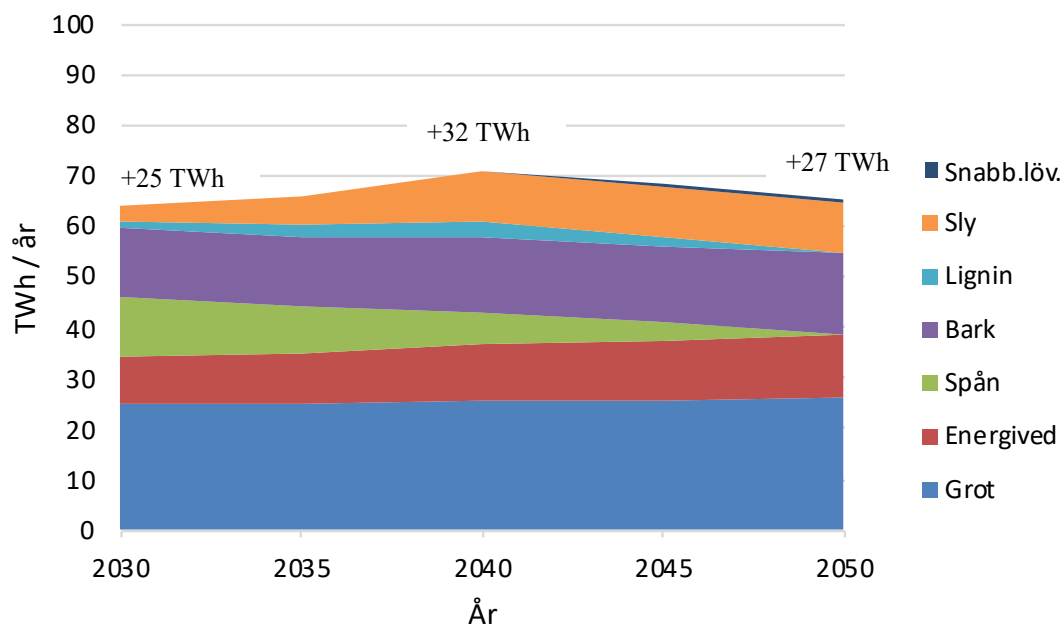
Som beskrivits i Avsnitt 4.1 gällande LULUCF-förordningen så kan kolinlagring i träprodukter inkluderas i LULUCF-målen där storleken på denna kolsänka bl a beror på produkternas livslängd. Dessa antas vara i genomsnitt 2 år för papper och pappersmassa, 25 år för träbaserade skivor och 35 år för sågade trävaror (Andersson et al., 2024). En ökad produktion av träbaserade skivor där t ex sågspån och lignin används som råvara innebär samtidigt en ökad mängd returträ på sikt, d v s när träskivor baserat på sågspån och lignin är uttjänta kan dessa komma att utnyttjas för energiändamål. På detta sätt kan åter sågspåns och lignins energiinnehåll tas tillvara i energisystemet men med cirka 25 års fördröjning. Eftersom tidsperspektivet i denna studie sträcker sig till 2050 förväntas inte tillförseln av returträ som innehåller sågspån och lignin väsentligt öka till dess varför denna aspekt inte inkluderas i beräkningarna. Om däremot tidsperspektivet förlängs är det relevant att inkludera ökningen av uttjänta produkter baserat på t ex sågspån och lignin som idag används för energiändamål. En annan aspekt att beakta är på vilken marknad produkterna säljs. Om huvuddelen av dessa produkter exporteras till andra länder så kan deras energiinnehåll komma att utnyttjas utanför Sverige, förutsatt att dessa uttjänta produkter inte i väsentlig omfattning importeras till det svenska energisystemet.



Figur 21. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i scenario Kombination mellan 2030 och 2050, uttryckt som TWh per år, när kaskadprincipen implementeras avseende sågspån och lignin. Dessutom visas ökningspotentialen i TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050, jämfört med dagens tillförsel (cirka 39 TWh per år).



Figur 22. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i Fokus mångfald mellan 2030 och 2050, uttryckt som TWh per år, när kaskadprincipen implementeras avseende sågspån och lignin. Dessutom visas ökningspotentialen i TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050, jämfört med dagens tillförsel (cirka 39 TWh per år).



Figur 23. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i Fokus tillväxt mellan 2030 och 2050, uttryckt som TWh per år, när kaskadprincipen implementeras avseende sågspån och lignin. Dessutom visas ökningspotentialen i TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050, jämfört med dagens tillförsel (cirka 39 TWh per år).

4.3 Förnybartdirektivet – grov grot

Vid den senaste revideringen av Förnybartdirektivet, RED III, ifrågasattes om skörd av avverkningsrester som toppar och grenar kan anses miljömässigt hållbart, bl a utifrån effekter på biologisk mångfald. Slutsatsen blev att grot fortsatt uppfyller dagens hållbarhetskriterier med de kriterier som finns idag, inklusive nationella riktlinjer för grot-uttag (EU, 2023). Diskussionen indikerar dock att förändringar eventuellt kan komma att ske i framtiden. En studie av EU's forskningscenter, Joint Research Centre (JRC), som refereras till i REDIII, visar att klen grot från barr- och lövträd är ett miljömässigt hållbart skogsbränsle under förutsättning att fastställda maximala uttagsnivåer på bestånds- och landskapsnivå inte överskrids (Camia et al., 2021). Detta motsvarar även slutsatser från svensk forskning (se t ex deJong m fl. 2017; 2018) samt Skogsstyrelsens riktlinjer (Skogsstyrelsen, 2019). Dessa begränsningar ligger också till grund för beräkningarna av framtida grotpotential baserat på SKA22, vilket beskrivs i Avsnitt 3.1. Däremot pekar JRC-rapporten ut grova grenar och toppar, d v s grov grot med en diameter över cirka 10 cm, och speciellt grov grot från lövträd, som viktiga för biologisk mångfald men också ur klimatsynpunkt då dessa lagrar inbundet kol under en längre tid än klen grot p g a en längre nedbrytningstid om de lämnas kvar i skogsmark. I framtida revideringar av RED kan det därför eventuellt komma ökade preciseringar kring vilken typ av grot som bedöms miljömässig hållbar, t ex klen grot men inte grov grot. Om en sådan precisering blir aktuell kan detta eventuellt komma att påverka den framtida svenska potentialen av grot.

Grov grot fås framför allt från lövträd och tall som utgör cirka 17 respektive 35% av den årliga bruttoavverkningen i Sverige (Skogsstyrelsen, 2022c), d v s från sammanlagt cirka 52% av bruttoavverkningarna är en del av den grot som genereras grov grot. Detaljerade uppgifter om hur fördelningen mellan grov och klen grot ser ut i olika slutavverkningsmogna bestånd av tall och löv saknas dock varför följande antaganden är osäkra. Resterande andel av bruttoavverkningen, cirka 48%, utgörs av gran som här antas generera huvudsakligen klen grot. Andelen grot per kubikmeter stamved är dock högre för gran än för tall och löv och här antas att mängden grot per m³sk är i genomsnitt cirka 40% lägre för tall och löv jämfört med gran (Naturvårdsverket, 2006). Enligt Skogsstyrelsen riktlinjer ska alltid minst 20% grot sparas på avverkningsytan vid grot-uttag samtidigt som riktlinjerna anger att det är extra viktigt att lämna toppar och grova grenar från tall och lövträd (Skogsstyrelsen, 2019). I riktlinjerna antas andelen grov grot täckas av de minst 20% grot som ska lämnas på avverkningsytan och som ligger till grund för beräkningarna i SKA22. Dagens riktlinjer från Skogsstyrelsen överensstämmer således i stort med de slutsatser som dras i syntesrapporten från JRC (Camia et al., 2021). Om andelen grov grot från lövträds- och tallbestånd överstiger 20% och om striktare krav kommer att ställas på att spara all grov grot kan således andelen sparad grot i löv- och tallbestånd komma att öka. Av praktiska och ekonomiska skäl kan detta innebära att all grot lämnas på vissa ytor efter slutavverkning av tall- och lövbestånd medan det på andra ytor fortsatt sker uttag med dagens riktlinjer.

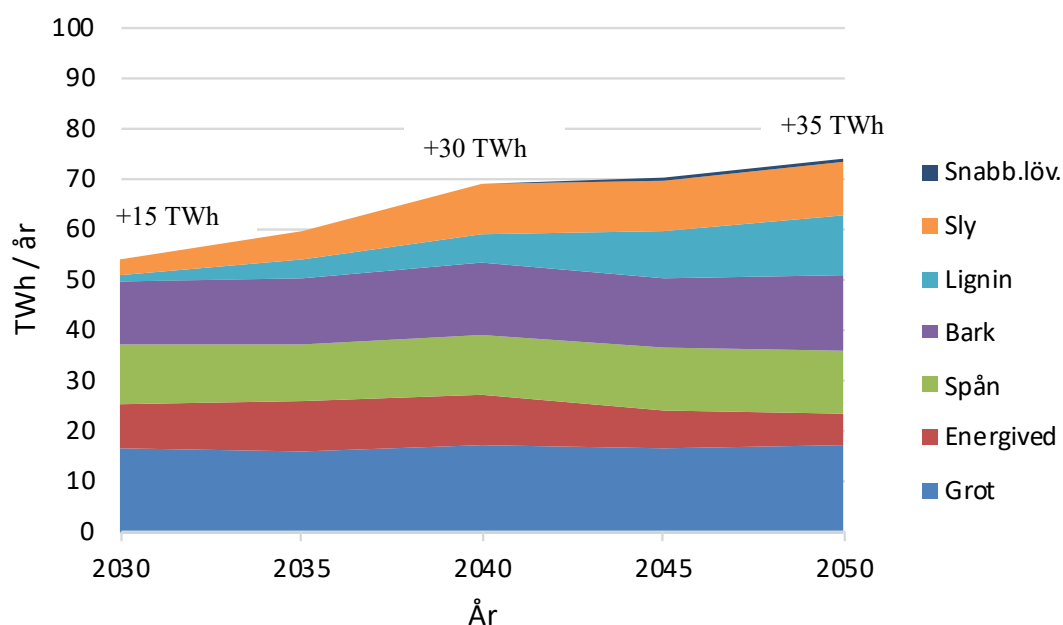
För att illustrera möjliga konsekvenser på framtida skogsbränslepotentialer av eventuellt ökade krav på att spara mer grov grot görs här ett räkneexempel baserat på antagandet att andelen grot som ska sparas i lövträds- och tallbestånd måste öka från dagens 20% till 50%. I Tabell 4 redovisas vilka effekter detta skulle få på grotpotentialen i Sverige baserat på dagens fördelning av trädslag. Den totala grotpotentialen bedöms då minska med i genomsnitt ungefär 14% med en variation mellan cirka 8% i Götaland, som har en högre andel granskog, till cirka 22% i norra Norrland som har en högre andel tall- och lövskogsbestånd.

Tabell 4. Uppskattad minskning av sammanlagd grotpotential vid ökade krav på att spara 50% grot i lövskogs- och tallbestånd i stället för dagens 20%, med målet att öka mängden sparad grov grot. Baserat på dagens fördelning av trädslag.

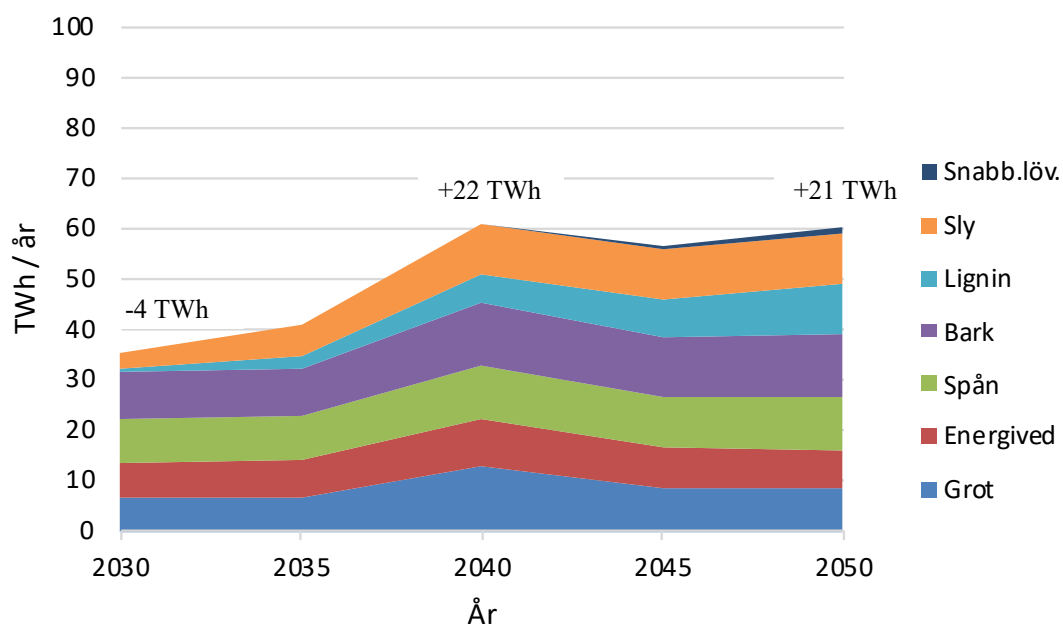
Region	Andel gran ^a	Andel tall, löv och övrig barr ^a	Minskad sammanlagd grot-potential
	(%)	(%)	(%)
Sverige	47	53	14
N Norrland	30	70	22
S Norrland	39	61	19
Svealand	45	55	15
Götaland	62	38	8

^a Avser dagens bruttoavverkning (Skogsstyrelsen, 2022c). Mängden grot per m³sk stamved antas vara 40% lägre för tall och löv jämfört med gran (Naturvårdsverket, 2006).

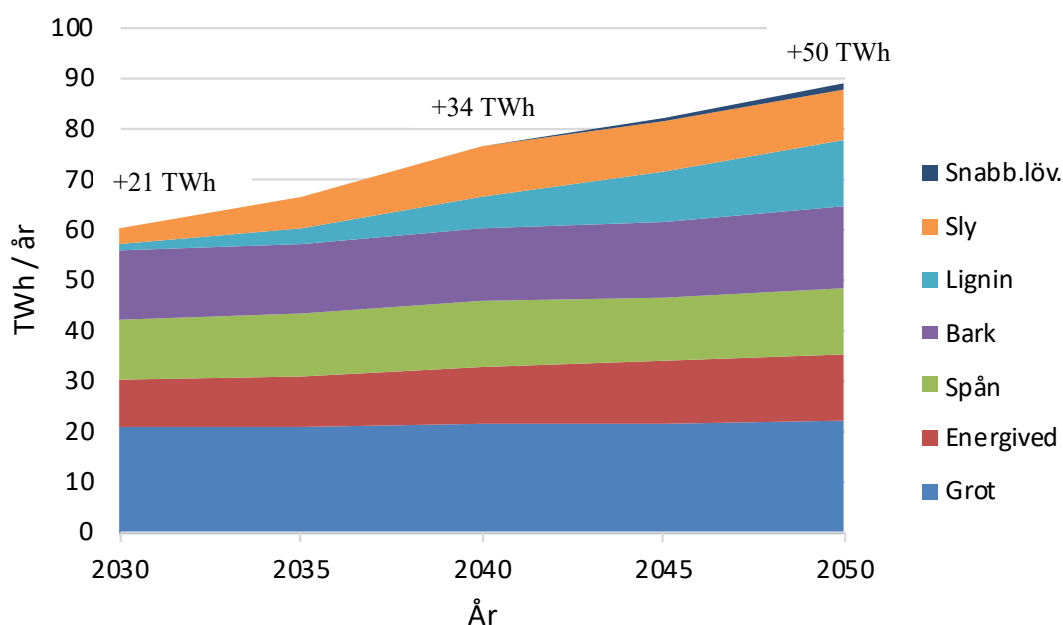
När det gäller effekterna på den totala potentialen av skogsbaserade biobränslen bedöms 50% sparad grov grot i tall- och lövbestånd innebära en minskning motsvarande cirka 3 TWh per år i scenario Kombination under perioden 2030 till 2050 (jämför Figur 16 och 24). I Fokus mångfald är minskningen cirka 1 TWh per år kring 2030 respektive cirka 2 TWh per år kring 2040 och 2050 (jämför Figur 17 och 25). I Fokus tillväxt är minskningen cirka 4 TWh per år under perioden 2030 till 2050 (jämför Figur 18 och 26). Observera att uppskattningarna bygger på dagens trädslagsfördelning. Eventuella effekter av förändrad trädslagsfördelning är således inte beaktad men bedöms få relativ begränsad påverkan fram till 2050.



Figur 24. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i scenario Kombination mellan 2030 och 2050, uttryckt som TWh per år, när andelen grot som sparas i tall- och lövbestånd ökar från dagens 20% till 50% (baserat på dagens trädslagsfördelning). Dessutom visas ökningspotentialen i TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050, jämfört med dagens tillförsel (cirka 39 TWh per år).



Figur 25. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i Fokus mångfald mellan 2030 och 2050, uttryckt som TWh per år, när andelen grot som sparas i tall- och lövbestånd ökar från dagens 20% till 50% (baserat på dagens trädslagsfördelning). Dessutom visas ökningspotentialen i TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050, jämfört med dagens tillförsel (cirka 39 TWh per år).



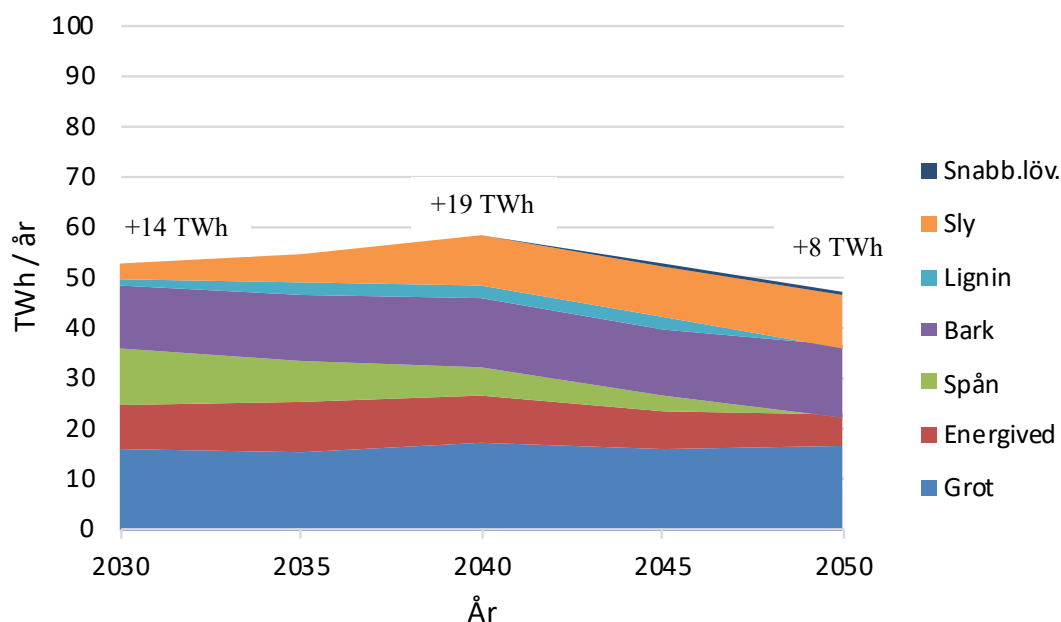
Figur 26. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i Fokus tillväxt mellan 2030 och 2050, uttryckt som TWh per år, när andelen grot som sparas i tall- och lövbestånd ökar från dagens 20% till 50% (baserat på dagens trädslagsfördelning). Dessutom visas ökningspotentialen i TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050, jämfört med dagens tillförsel (cirka 39 TWh per år).

4.4 Sammanlagd begränsad potential

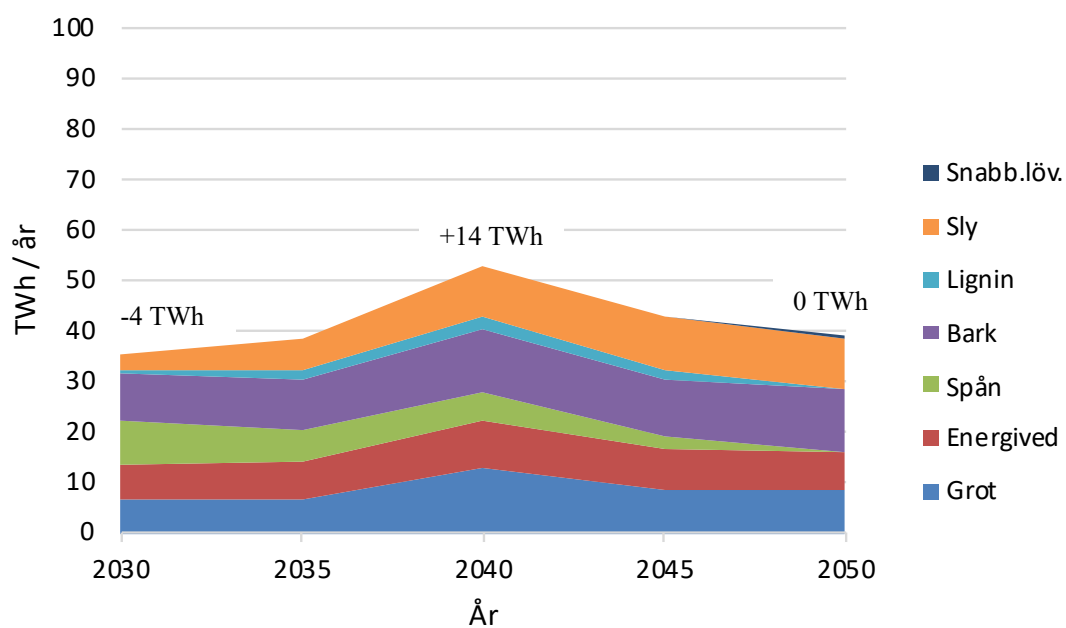
Som framgår av analyserna ovan kring potentiella effekter av några av EU's klimat- och miljöpolitiska styrmedel och regleringar på den svenska potentialen av skogsbaserade biobränslen så antas dessa kunna variera i storlek. Kaskadprincipen antas här kunna få störst påverkan på sikt medan t ex LULUCF och ökade krav på att spara grov grot kan få något lägre effekter men på kortare sikt. Om alla dessa tre förändringar genomförs blir den sammantagna effekten på den svenska potentialen av skogsbaserade biobränslen påtaglig vilket illustreras i Figur 27-29. I scenario Kombination (Figur 27) blir ökningspotentialen knappt 15 TWh 2030 för att öka till knappt 20 TWh 2040 för att sedan minska igen till knappt 10 TWh 2050. I Fokus mångfald (Figur 28) fås bara en ökningspotential om knappt 15 TWh 2040 medan ökningspotentialen är negativ eller noll 2030 respektive 2050. I Fokus tillväxt (Figur 28) blir ökningspotentialen knappt 20 TWh 2030 för att öka till cirka 25 TWh 2040 för att sedan minska igen till knappt 20 TWh 2050.

I jämförelse med potentialen utan dessa tre möjliga begränsningar så minskar potentialen med cirka 4, 14 och 30 TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050 i scenario Kombination (jämför Figur 16 och 27). Motsvarande minskningar i Fokus Mångfald är 1, 10 respektive 23

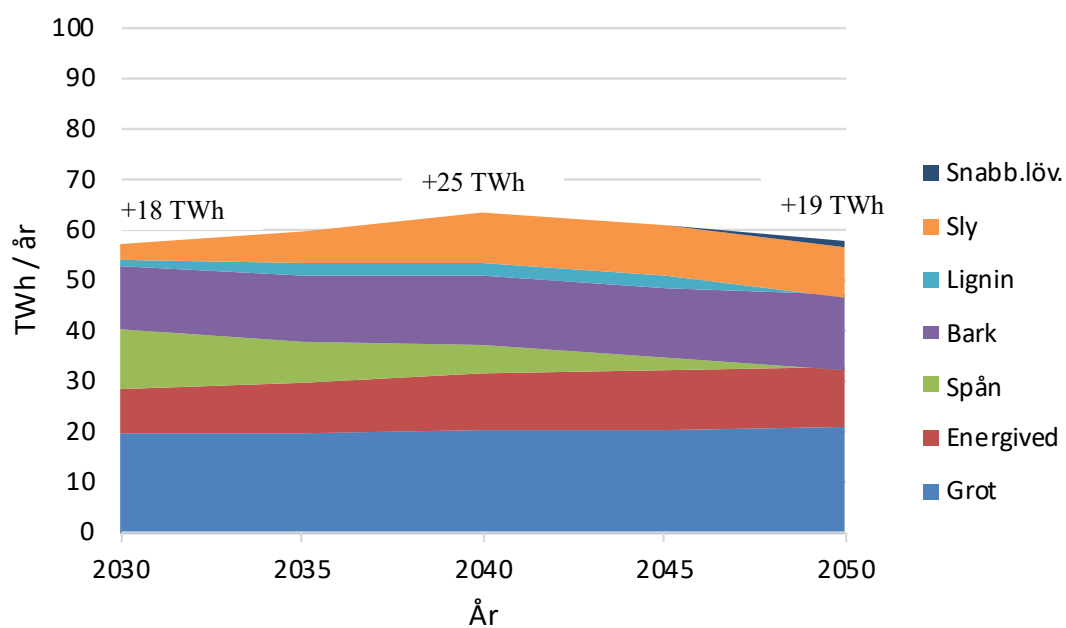
TWh per år (jämför Figur 17 och 28) samt i Fokus tillväxt 7, 16 respektive 35 TWh per år. Uttryckt i procentuell minskning av potentialen av skogsbaserade biobränslen blir denna i scenario Kombination cirka 22% 2030, 42% 2040 respektive 79% 2050.



Figur 27. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i scenario Kombination mellan 2030 och 2050, uttryckt som TWh per år, när avverkningsnivån antas behöva minska med 2,5% p g a ökade krav på kolinbindning i produktiv skog drivet av LULUCF-förordningen, när kaskadprincipen implementeras avseende sågspån och lignin samt när andelen grot som sparas i tall- och lövbestånd ökar från dagens 20% till 50%. Dessutom visas ökningspotentialen i TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050, jämfört med dagens tillförsel (cirka 39 TWh per år).



Figur 28. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i Fokus mångfald mellan 2030 och 2050, uttryckt som TWh per år, när kaskadprincipen implementeras avseende sågspån och lignin samt när andelen grot som sparas i tall- och lövbestånd ökar från dagens 20% till 50% (LULUCF antas ej påverka avverkningsnivån i detta scenario). Dessutom visas ökningspotentialen i TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050, jämfört med dagens tillförsel (cirka 39 TWh per år).



Figur 29. Uppskattad sammanlagd potential av skogsbaserade biobränslen i Fokus tillväxt mellan 2030 och 2050, uttryckt som TWh per år, när avverkningsnivån antas behöva minska med 5% p g a ökade krav på kolinbindning i produktiv skog drivet av LULUCF-förordningen, när kaskadprincipen implementeras avseende sågspån och lignin samt när andelen grot som sparas i tall- och lövbestånd ökar från dagens 20% till 50%. Dessutom visas ökningspotentialen i TWh per år kring 2030, 2040 respektive 2050, jämfört med dagens tillförsel (cirka 39 TWh per år).

5. Slutsatser och diskussion

5.1 Förändrade prioriteringar i svenskt skogsbruk

Förändrade prioriteringar i svenskt skogsbruk och avvägningar mellan virkesproduktion, biologisk mångfald, kolinbindning mm kan få stora konsekvenser för framtida tillförselpotentialer av inhemska skogsbaserade biobränslen. I denna studie bedöms dock en framtidsbild, eller ett basscenario, som innebär ett ökat fokus både på ökad biologisk mångfald och virkesproduktion, framför allt genom ökad kvalitet på åtgärder för respektive målsättning i skogsbruket (scenario Kombination), som den mest realistiska de kommande decennierna fram till 2050. I detta scenario bedöms tillförselpotentialen av skogsbaserade biobränslen fortsatt kunna öka med knappt 20 TWh per år kring 2030, drygt 30 TWh per år kring 2040 samt med knappt 40 TWh kring 2050. Jämfört med dagens användning av biobränslen innebär detta en ökning med cirka 12%, 22% respektive 25%. Den årliga tillväxttakten av användning av biobränslen i det svenska energisystemet har sedan början av 1980-talet legat kring 2,5% och med scenariot ovan skulle tillväxttakten från idag till 2050 bli ungefär 1,5%.

En mer radikal förändring av svenskt skogsbruk där ökad biologisk mångfald prioriteras (scenario Fokus mångfald) skulle å andra sidan leda till en minskad skogsbränslepotential det närmaste decenniet men därefter en ökad tillförselpotential motsvarande drygt 20 TWh per år kring 2040 och 2050. Om i stället ökad skogstillväxt och virkesproduktion får högsta prioritet (scenario Fokus tillväxt) kan tillförselpotentialen öka till drygt 40 TWh per år kring 2040 och drygt 50 TWh per år kring 2050, vilket skulle innebära en årlig genomsnittlig tillväxttakt om drygt 2%. Båda dessa scenarier bedöms dock i denna studie vara mindre realistiska fram till 2050 utifrån dagens politiska situation.

5.2 Påverkan av EU-regleringar

Nya styrmedel och direktiv inom EU's klimat- och miljöpolitik kan komma att påverka svenskt skogsbruk och specifikt tillförselpotentialen av skogsbaserade biobränslen. I denna studie ges tre exempel där ett exempel är den så kallade kaskadprincipen i Förnybartdirektivet, RED III, som kan ge stor påverkan på sikt om t ex kraven skärps för att använda sågspån och utvunnet lignin som råvara till långlivade produkter i stället för till huvudsakligen energiändamål som idag. I ett kortare perspektiv kan skärpta krav på ökad kolinbindning i skog drivet av LULUCF-förordningen innebära en viss begränsning i

tillförselpotentialen av biobränslen, liksom ökade krav på att spara mer grov grot för biologisk mångfald i kommande revideringar av Förnybartdirektivet.

De sammantagna effekterna av dessa tre begränsningar kan potentiellt leda till att tillförselpotentialen av skogsbaserade biobränslen i basscenariot minskar till knappt 15 TWh per år kring 2030, knappt 20 TWh per år kring 2040 samt till knappt 10 TWh/år kring 2050. Jämfört med en situation utan dessa begränsningar så halveras i det närmaste potentialen kring 2040 och utgör endast cirka en fjärdedel kring 2050. En viss ökad tillförsel skulle således kunna fås fram till 2040, motsvarande cirka 13% av dagens biobränsleanvändning, för att sedan vändas till en begränsad ökad tillförsel till 2050, motsvarande cirka 5% av dagens biobränsleanvändning.

5.3 Enskilda skogsbränslen kan påverkas olika

Sammanfattningsvis finns det goda förutsättningar för att öka tillförseln av inhemska skogsbaserade biobränslen de närmaste decennierna i Sverige, men implementering av olika EU-regleringar kan eventuellt medföra större eller mindre begränsningar i tillförselpotentialen. När det gäller enskilda biobränslen så framstår bark och energived (skadad rundved av låg kvalitet som inte kan användas för industriändamål) som minst känsliga för politiska förändringar i styrmedel och regleringar. Att kunna utnyttja skadad rundved för energiändamål från t ex omfattande barkborreskador kan vara en viktig drivkraft för att avverka skadade bestånd vilket är en fördel för svenskt skogsbruk jämfört med många andra länder som saknar eller har begränsade möjligheter för denna avsättning. Även lågvärdesträd, eller sly, bedöms vara mindre känsligt för politisk påverkan och antas bli en allt viktigare biobränsleråvara när efterfrågan och priserna på biobränslen ökar. En alternativ avsättning för bark, energived och sly bedöms begränsad idag. Bark kan användas för utvinning av tanniner för olika ändamål men denna utvinning påverkar endast marginellt barkens energiinnehåll, d v s barken kan fortsatt användas som energiråvara i ungefär samma omfattning (Carlqvist et al., 2022).

När det gäller grot så bedöms detta skogsbränsle vara något mer känsligt för förändringar i politiska styrmedel och regleringar, t ex i EU's Förnybartdirektiv (RED). Idag bedöms grot uppfylla hållbarhetskriterierna i RED bl a genom att biobränslet uppfyller de nationella riktlinjer och rekommendationer som Skogsstyrelsen anger avseende skörd av avverkningsrester. Som beskrivs i Avsnitt 4.3 kan eventuellt kraven på att lämna mer grov grot att öka, drivet av ett ökat fokus på biologisk mångfald. En viktig parameter för biologisk mångfald är mängden grov död ved i skogsbestånd och på skogsfastigheter som helhet, d v s om tillgången på grov död ved är begränsad i ett aktuellt skördeområde så ökar betydelsen av att spara mer grov grot vid grotskörd (Kvarnbäck, 2024). Ett sätt att minska risken för ytterligare begränsningar i grot-uttag kan således vara att generellt skapa mer grov död ved i skogsbestånd och på skogsfastigheter genom olika åtgärder som att "skada" och lämna

enskilda grova träd (stående eller liggande), skapa högstubbar, lämna omkullblåsta träd (lågor) osv (Skogsstyrelsen, 2023b).

Störst känslighet för förändringar i politiska styrmedel och regleringar bedöms sågspån ha eftersom denna råvara i viss utsträckning redan idag används för andra ändamål än energi, t ex som råvara för byggskivor. Även utvunnet lignin bedöms vara känsligt för politiska styrmedel då den begränsade mängd som utvinns från massabruk idag används framför allt som råvara till produkter. Dessa råvaror är homogena och därmed lättare att använda i andra produktionssystem jämfört med övriga skogsbränslen. Detsamma gäller sannolikt för snabbväxande lövträd på nedlagd jordbruksmark i framtiden. I Avsnitt 4.2 beskrivs konsekvenserna av en ökad implementering av den så kallade kaskadprincipen i RED, d v s att bioråvaror i första hand ska användas för långlivade produkter och i sista hand för energiändamål förutsatt att det finns en kommersiell marknad för dessa produkter. I och med att avverkningsvolymerna av rundved i svenskt skogsbruk inte bedöms kunna öka i samma takt som historiskt (se Avsnitt 2.1) finns det ökade drivkrafter inom skogsindustrin för att öka förädlingen av biprodukter till mer högvärdiga produkter. Detta leder i sin tur till expanderande marknader och därmed växande motiv för att följa RED's kaskadprincip. En allt större marknad av skogsbaserade produkter leder samtidigt till att mängden returträ ökar på sikt, d v s skogsråvaran kan ändå komma energisystemet tillgodo men med en tidsförskjutning om kanske 25 år eller mer. I ett längre perspektiv bör därför inte kaskadprincipen ses som en begränsning för skogsbränslepotentialen under förutsättning att returträ kan inkluderas i potentialen.

Avslutningsvis bedöms således skogsbaserade biobränslen fortsatt spela en viktig och sannolikt ökad roll i det svenska energisystemet, men där tillförselpotentialen kan variera över tid beroende på såväl upp- som nedgångar för enskilda skogsbränsleråvaror.

6. Referenser

- Anander E., Börjesson P., Björnsson L., Blennow K. (2024). Farmers' willingness to introduce short-rotation plantations on agricultural land: A case study in southern Sweden. *Biomass and Bioenergy*, **191**, 107424.
- Andersson J., Engström R., Stigson P. (2024). På uppdrag av Klimatpolitiska rådet: Kartläggning av åtgärder för att öka den svenska kolsänkan. RISE, Research Institutes of Sweden.
- Börjesson P. (2021). Potential för ökad tillförsel av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi – en uppdatering. Report No 121, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Lund.
- Börjesson P., Björnsson L. (Red.) (2024). Perspektiv på bioenergi – Biomassans framtida roll i en föränderlig värld. Report No 133, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Lund.
- Camia A., Giuntoli J., Jonsson R., Robert N., Cazzaniga N.E., Jasinevicius G., Avitable V., Grassi G., Barredo J.I., Mubareka S. (2021). The use of woody biomass for energy production in the EU. JRC Science for Policy Report, Joint Research Centre, European Union, Luxembourg.
- Carlqvist K., Wallberg O., Lindén G., Börjesson P. (2022). Life cycle assessment for identification of critical aspects in emerging technologies for the extraction of phenolic compounds from spruce bark. *Journal of Cleaner Production*, **333**, 130093.
- de Jong J., Akselsson C., Egnell G., Löfgren S., Olsson B. (2018). Miljöpåverkan av skogsbränsleuttag – En syntes av forskningsläget baserat på Bränsleprogrammet hållbarhet 2011-2016. Rapport ER 2018:02, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- de Jong J., Akselsson C., Egnell G., Löfgren S., Olsson B. (2017). Realizing the energy potential of forest biomass in Sweden – How much is environmentally sustainable? *Forest Ecology and Management*, **383**, 3–16.
- EC (2024). Commission staff working dokument – Impact assessment report. SWD(2024) 63 final, Part 3. European Commission, Strasbourg.
- Ebenhard T., Forsberg M., Lind T., Nilsson D., Andersson R., Emanuelsson U., Eriksson L., Hultåker O., Iwarsson M., Ståhl G. (2017). Environmental effects of brushwood harvesting for bioenergy. *Forest Ecology and Management*, **383**, 85-98.
- 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 slytäkt – potential, hinder och möjligheter. Rapport, Centrum för Biologisk Mångfald, Sveriges Lantbruksuniversitet och Uppsala Universitet, Uppsala.

Emilsson T., Emanuelsson U., Hackl R., Hansson J., Larssolle A., Nilsson D., Prade T., Svensson S-E. (2017). Artrik energiutvinning – energiutvinning och ökad biologisk mångfald inom väg- och järnvägsområdet. Rapport 098, Inst. för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Energiföretagen (2025). Tillförd energi till kraftvärme och fjärrvärmeproduktion och fjärrvärmeleveranser 2023. <https://www.energiforetagen.se/statistik/fjarrvarmestatistik/tillford-energi/>

Energimyndigheten (2025a). Scenarier över Sveriges energisystem – Vägar till ett energisystem med nettonollutsläpp 2050. Rapport ER 2025:13, Eskilstuna.

Energimyndigheten (2025b). Trädbränsle-, torv- och avfallspriser. <https://www.energimyndigheten.se/statistik/officiell-energistatistik/prisutveckling-inom-energiområdet/tradbransle--och-torvpriser/>

Energimyndigheten (2025c). Energiläget i siffror 2025. <https://www.energimyndigheten.se/energisystem-och-analys/nulaget-i-energisystemet/energilaget/>

EU (2021). Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law')

EU (2023). Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652. Serie L, Official Journal of the European Union.

Jarnerö K., Vikberg T., Sandberg K., Falk M. (2024). Områdesanalys för träindustrins biogena kolflöden. RISE Rapport 2024:81, RISE Research Institutes of Sweden.

Kvarnbäck A. (2024). Biodiversity impact assessment of logging residue removal – Applying the Biodiversity Potential Method to Krafttringen's logging residue fuel. Master thesis, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University.

Lacruz R.F. (2023). Slyet – det nya skogsbränslet? Vision nr 1, Kunskapsbanken, Skogforsk. <https://www.skogforsk.se/kunskapsbanken/tidningen-vision/2023/vision-nummer-1-2023/slyet--det-nya-skogsbranslet/>

Lind T. (2001). Kolinnehåll i skog och mark i Sverige – baserat på Riksskogstaxeringens data. Arbetsrapport 86, Inst. för skoglig resurshushållning och geomatik. Sveriges lantbruksuniversitet.

Naturvårdsverket (2025). Nettoutsläpp och nettoupptag av växthusgaser från markanvändning (LULUCF). <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-nettoutslopp-och-nettoupptag-fran-markanvandning/>

Naturvårdsverket (2024). Naturvårdsverkets underlag till regeringens klimatredovisning 2024. Stockholm.

Naturvårdsverket (2006). Helträdsutnyttjande – konsekvenser för klimat och biologisk mångfald. Rapport 5562. Stockholm.

Olofsson J. & Börjesson P. (2016). Nedlagd åkermark för biomassaproduktion – kartläggning och potentialuppskattning. f3-rapport 2016:01, The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels.

Pelletsförbundet (2025). Statistik. <https://www.pelletsforbundet.se/om-pellets/statistik/>

Skogsstyrelsen (2023a). Effects of some forestry measures on the carbon sink in Sweden. Rapport 2023/10. Jönköping.

Skogsstyrelsen (2023b). Skapa naturvärden genom aktiv naturvård. Faktablad. Jönköping. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/miljo-och-klimat/gron-infrastruktur/faktablad-skapa-naturvarden-genom-aktiv-naturvard.pdf>

Skogsstyrelsen (2022a). Skogliga konsekvensanalyser 2022 – syntesrapport. Rapport 2022/11. Jönköping.

Skogsstyrelsen (2022b). Skogliga konsekvensanalyser 2022 – material och metod. Rapport 2022/08. Jönköping.

Skogsstyrelsen (2022c). Skogliga konsekvensanalyser 2022 – virkesbalanser. Rapport 2022/10. Jönköping. (se även <https://pxwebska.skogsstyrelsen.se/pxweb/sv/SKA22/>)

Skogsstyrelsen (2022d). Bruttoavverkning 2020 med preliminär statistik för 2021 och prognos för 2022. JO0312, Serie JO – jordbruk, skogsbruk och fiske. Jönköping

Skogsstyrelsen (2022e). Skogliga konsekvensanalyser 2022 – skogens utveckling och brukande. Rapport 2022/09. Jönköping.

Skogsstyrelsen (2019). Regler och rekommendationer för skogsbränsleuttag och kompensationsåtgärder. Rapport 2019/14. Jönköping.

SOU (2020). Vägen till en klimatpositiv framtid. Betänkande av Klimatpolitiska vägvalsutredningen. Statens Offentliga Utredningar, SOU 2020:4, Stockholm.

StoraEnso (2025). <https://www.storaenso.com/sv-se/products/lignin>

Thomson Ek H., Singh J., Winberg J., Brady M. & Clough Y. (2024). Farmers' motivations to cultivate biomass for energy and implications. *Energy Policy*, **193**, 114295.

Wikberg P-E., Josefson Ortiz C., Markström M., Lundblad M. (2023). Scenarier för utveckling av upptag och utsläpp av växthusgaser från LULUCF-sektorn – underlag till Miljömålsberedningen. Arbetsrapport 557, Inst. för skoglig resurshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Winberg J., Ekroos J., Eklundh L., Smith H.G. (2024). Constrains on the availability of marginal land for bioenergy production in southern Sweden. *Biomass and Bioenergy*, **190**, 107421.



LUNDS
UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Rapport 140, 2025
ISBN 978-91-86961-66-4
ISSN 1102-3651
ISRN LUTFD2/TFEM-- 25/3131--SE + (1-48)