



Rapport 2023:02

Nya utvecklingsmöjligheter för bioråvaran i Dalarnas län

Omslagsbild: Bildkollage med äldre sågverk, biogasanläggning och kolbitar.

Fotograf: Mostphotos

Utgiven av: Länsstyrelsen i Dalarnas län, januari 2023

Författare: Josefine Harrius och Emma Hartvik, Sweco Sverige AB

Rapportnummer: 2023:02

Diarienummer: 17153-2022-1

Rapporten kan laddas ner från Länsstyrelsen i Dalarnas läns webbplats:
www.lansstyrelsen.se/dalarna/publikationer

Rapporten är framtagen av Sweco på uppdrag av Länsstyrelsen i Dalarnas län.
Rapporten är finansierad med medel från Region Dalarna och Europeiska regionala utvecklingsfonden.



Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
Inledning	6
Projektbakgrund	6
Definitioner	7
Industriell symbios	9
Exempel på kluster inom bioekonomi och industriell symbios	10
Framtida förädlingskedjor och innovativ bioteknik från bioråvara	11
Analys	21
Möjliga värdekedjor och industriella symbioser i Dalarnas län	21
Möjligheten till biokluster och synergier i Dalarnas län	28
Framtida utveckling i Dalarnas län	33
Slutsats	39
Källförteckning	41
Appendix	45
Intervjustudie	45

Sammanfattning

Dalarnas län är ett län rikt på bioråvaror från skogs- och jordbruksmark, där biflödena idag främst nyttjas som biobränslen. Flera restströmmar som idag är outnyttjade eller som används som biobränsle har möjlighet att vidareförädlas till högvärdiga biogena produkter. Genom att arbeta strategiskt med utvecklingsmöjligheter för länets biströmmar av bioråvara genom nya värdekedjor och industriell symbios kan bioråvarans värde ökas, samtidigt som arbetet med att nå regionala energi- och klimatmål samt den industriella omställningen kan accelereras.

En stor mängd olika förädlingstekniker för bioråvara finns tillgängliga, med varierande mognadsgrad. I Dalarna finns det särskilt stor potential i biströmmarna bark, grot och sågspån, varpå relevanta förädlingstekniker för Dalarnas län är exempelvis biokol, hydrokol, etanol, metanol, biogas och olika typer av biooljor. Tillsammans kan dessa värdekedjor förädla en stor mängd av de tillgängliga biströmmar från bioråvara som finns i Dalarnas län, samtidigt som de kan ersätta och tränga ut fossila produkter och energislag i länet. Förädlingskedjorna bidrar även till en stor mängd positiva synergier och samverkansmöjligheter i länet.

Det finns stora ambitioner och viljor som möjliggör nya förädlingskedjor av biströmmar från bioråvara i Dalarnas län. Mer hållbar och effektiv användning av bioråvara är en stor utmaning samtidigt som arbetet även skapar stora möjligheter och en plattform för ökad innovation. Det finns stort engagemang i regionen för att lyckas med denna målbild och en strävan att samverka mer genom industriell symbios. Genom att öka värdet på länets bioråvara och förse olika branscher med en källa till gröna kolatomer kan regionen minska sitt koldioxidavtryck.

Ett par av de centrala utmaningar för att skapa nya värdekedjor från bioråvarans biströmmar som Dalarnas län står inför är att:

- Skapa hållbara och effektiva logistik- och transportsystem, vilka idag beskrivs vara en flaskhals som gör bioråvaruanvändningen mindre kostnadseffektiv och mindre miljövänlig,
- Säkerställa tillgängliga volymer av bioråvara vilket innebär prioritering och substituering av länets biobaserade tillgångar,
- Säkerställa tillgängliga industritomter med tillhörande faciliteter såsom el, värme, vatten, reningsteknik med mera,
- Underlätta tillståndsprocesser genom ökad regional samordning av planering av mark för industriell användning, samt avsättning av samordningsresurser för detta,
- Matcha tillgänglig teknik för förädling med tillgängliga resursflöden samt med marknad och efterfrågan,
- Skapa förutsättningar för mötesplatser, samverkansplattformar och därmed underlätta arbetet med industriell symbios,

- Skapa och kommunicera ut tydligare strategier för länets bioråvara, energisystem och för hållbart skogsbruk i Dalarna,
- Bidra med regionala resurser och finansiering för att få ökat driv i frågor kring industriell symbios, gröna värdekedjor och biokluster,
- samt säkerställa framtida kompetens, innovation och teknikutveckling i länet.

Genom att arbeta med ovanstående frågor kan Dalarnas län uppnå en balans för bioråvara och bioenergi där resurserna används hållbart men effektivt, vilket i sin tur ökar länets innovationsgrad och möjlighet att nå uppsatta energi- och klimatmål.

Inledning

Det finns ett stort behov idag och i framtiden att ersätta fossila insatsvaror, material och bränslen. Bioråvaror från jord- och skogsbruk ger stora möjligheter för att ersätta sådana insatsvaror. Biostrategin av Fossilfritt Sverige (2021) visar att behoven av bioråvara i framtiden kommer överstiga tillförselpotentialen, varpå det blir viktigt att fundera över var varje flöde av bioråvara gör mest nytta för energi- och klimatomställningen. Biostrategin föreslår exempelvis att flera olika biobaserade energislager kan användas som övergångsbränsle i väntan på elektrifiering av flera olika sektorer. Värmeproduktionssektorn, som idag använder stora flöden av bioråvara, föreslås minska sin användning av bioråvara genom effektiviseringar och ökat nyttjande av såväl industriell spillvärme som geotermisk energi. Inom energiförsörjningssektorn är det möjligt att välja tekniker såsom vind-, sol- och vattenkraft för att frigöra de gröna kolatomerna från bioråvara till de produktionsprocesser som faktiskt behöver en kolmolekyl, exempelvis bioplast eller stål (RISE, 2022 b). Genom att effektivisera användningen av bioråvara i vissa sektorer öppnas möjligheter upp för andra branscher att nyttja råvaror från skog- och jordbruk till nya värdekedjor. Genom innovativ bioteknik och nya applikationer tros kemi-, pappersindustrin och trämanufaktur vara branscher som kan göra stor skillnad i klimat- och energiomställningen, genom att långsiktigt binda in biobaserade kolatomer och genom att tränga undan fossila kolbaserade insatsvaror som är svåra att undkomma i vissa industriella processer.

Dalarnas län är ett län rikt på bioråvaror från skogs- och jordbruksmark. Idag nyttjas framför allt biflöden från skog- och jordbruksmark för framställning av biobaserad energi. Flera restströmmar som idag är outnyttjade eller som används som biobränsle har möjlighet att vidareförädlas till högvärdiga biogena produkter på grund av resursernas innehåll av kol och lignocellulosa. I Dalarnas län finns särskilt stor potential att vidareförädla strömmar av sågspån, grot, bark och bioslam från pappersproduktion.

Projektbakgrund

År 2021 startade Länsstyrelsen i Dalarnas län Dalarnas regionala skogsprogram, vilken förklarar behovet av att förvalta resurser från jord- och skogsbruk på ett hållbart sätt för att i framtiden uppnå en konkurrenskraftig bioekonomi.

Den här rapporten är framtagen som en del i ett projekt som ska skapa ett kunskapsunderlag för bioråvarans roll i klimat- och energiomställningen i Dalarna. Projektets syfte är att utreda möjligheter till industriell symbios och innovativa tekniker kopplat till bioråvaran i Dalarnas län. Syftet inkluderar att sammanställa nya produkter och förädlingstekniker samt utreda vilka värdekedjor som kan passa in i Dalarnas län. Studien inkluderar en

kvalitativ intervjustudie där olika aktörer ges möjlighet att belysa förutsättningar i länet, behov för ökad innovation och vilka värdekedjor som upplevs passande i länet. Inom intervjustudien har 12 aktörer intervjuats, inom kategorierna regionala industrier, teknikföretag grön förädling samt övergripande aktörer inom cirkulär ekonomi, mer information erhålls i Appendix.

De bioråvaror som är i fokus för studien är de från skogsbruk och jordbruk som har uppvisat stor potential för Dalarnas län i den tidigare studien *Potentialberäkningar för bioråvaran i Dalarnas län*. Potential för torv, stubbar och hushållsavfall exkluderas från studien.

Denna utredning kommer bland annat användas som underlag för att ta fram färdplaner i länet gällande hur den regionala bioråvaran bäst används i Dalarna.

Definitioner

Biomassa. Organiskt material som finns inom ett visst område, till exempel ett trädets biomassa, oavsett om den används eller ej (Fossilfritt Sverige, 2021).

Bioråvara. En obearbetad produkt från biomassa som går att vidareförädla. (Fossilfritt Sverige, 2021).

Biodrivmedel. Bränsle producerat från biomassa och som används i transporter (Fossilfritt Sverige, 2021).

Biobränsle. Bränsle producerat av biomassa. Kan vara fast, flytande eller gasformigt (Fossilfritt Sverige, 2021).

Bioenergi. Energi utvunnen ur biobränslen (IVL, 2019).

Biprodukter. Främst sågspån och liknande från sågverksindustrin. (Energimyndigheten, 2018).

Förnybar energi. Avser energi från biobränslen, vindkraft, vattenkraft och solenergi (Skogsstyrelsen, 2015).

Förädlade trädbränslen. Träpellets, träbriketter och träpulver (Energimyndigheten, 2018).

Grot. Grot står för grenar och toppar och består av avverkningsrester från skogen i samband med slutavverkning eller röjning/gallring. Kallas även för primärt skogsbränsle (IVL, 2019).

Primärt skogsbränsle. Energiråvara direkt från skogen. Avverkningsrester såsom grot, avverkningsstubbar, samt virke utan industriell användning

exempelvis röt-, brand- och stormskadat virke. Används i mindre utsträckning idag som skogsbränsle. (Egnell, 2013).

Produktiv skogsmark. Skogsmark som enligt vedertagna bedömningsgrunder kan producera i genomsnitt minst en kubikmeter virke per hektar och år (SFS 2022:1273).

Returträ. Returträ eller RT-flis är emballagematerial i industrin eller rivningsmaterial från gamla hus (Energimyndigheten, 2018).

Sekundärt skogsbränsle. Skogsindustriella biprodukter såsom sågspån, bark, torrflis, kutterspån. Används i större utsträckning idag som skogsbränsle. (Egnell, 2013).

Skogsbränsle. Ett trädbränsle som består av avverkningsrester, virke utan industriell användning, samt biprodukter från industrin (IVL, 2019).

Skogsflis. Grenar, toppar och annat röjningsvirke från barr- och lövskog (Energimyndigheten, 2018).

Skogsmark. Mark inom ett sammanhängande område där träden har en höjd av mer än fem meter och där träd har en kronslutenhet av mer än tio procent eller har förutsättningar att nå denna höjd och kronslutenhet utan produktionshöjande åtgärder (SFS 2022:1273).

Trädbränsle. Med trädbränsle avses biobränsle från träråvara som inte genomgått kemisk process. Trädbränsle innefattar alla biobränslen där träd eller delar av träd är utgångsmaterial, till exempel bark, barr, löv, ved samt bränsleråvara från skogs- och trävaruindustrin till exempel hyvelspån, kutterspån, sågspån, torrflis, justerverksflis och frånsåll. Bränsle av avfallspapper och avlut utgör inte trädbränsle. Trädbränslen kan indelas i *oförädlade* och *förädlade* trädbränslen. Med *oförädlade* former avses flis, bark, spån och brännved och med *förädlade trädbränslen* avses pellets, briketter och pulver (Skogsstyrelsen, 2015).

Industriell symbios

Industriell symbios innebär en form av samverkan där olika flöden delas, där en aktörs avfall eller biprodukt blir en annan aktörs insatsvara. Symbiosen gynnar aktörerna som samverkar och kan minska behov av råvaror och avfallshantering. Genom att samverka kan industriers restprodukter nyttiggöras vilket ger en ökad cirkuläritet av resursflöden. Industriell symbios kan bland annat skapa nya intäcksströmmar, hjälpa till att bygga kontakter, minska utsläpp och sänka energianvändning. Exempel på flöden som kan delas är värme, vatten, ånga, koldioxid, slam, näring och biogas.

I eller runtomkring Dalarna finns klustren Sustainable Steel Region och Paper Province som arbetar med hållbar omställning av industrin, innovation och industriell symbios. Det finns även exempel i länet där industrier delar överskottsvärme till fjärrvärmenätet, ger bränsle till länets värmeverk eller samverkar inom transporter.

Paper Province är ett kluster som arbetar för samverkan inom skogsnäringen för att nå en hållbar bioekonomi (Paper Province, 2022). Klustret innehåller över 100 medlemmar varav de flesta är verksamma i Värmlands län. Paper Province bidrar till finansiering av innovationsprojekt, forskning, testbäddar och utvecklingsfrågor. Klustret driver exempelvis projekt inom biobaserade material, innovation för lignin samt trämanufaktur. Ett av de mest aktuella projekten för denna studie är BioEconomyRegion.

Inom projektet BioEconomyRegion, där Dalarnas län inklusive flera svenska och norska län ingår, är visionen att bygga en internationellt ledande region inom skoglig bioekonomi (BioEconomy Regions in Scandinavia, u/å). Projektet fokuserar på små och medelstora företag och projektet pågår till hösten 2022. Ett par av fokusområdena inom projektet har varit byggnation med trä, emballage och förpackningar samt innovationer från skogen och dess restströmmar. Inom projektet finns ett antal testbäddar, exempelvis LignoCity utanför Kristinehamn som är en plattform inom miljöteknik med fokus på kommersialisering av hållbara processer och produkter med fokus på lignin från skog och mark som råvara.

Sustainable Steel Region (u/å) är en regional innovationsplattform inom stålindustrin. Utifrån den regionala stålindustrins behov för kommande klimat- och energiomställning ska plattformen arbeta med att ta fram nya innovationer och stötta företag som bidrar till teknologisk utveckling. Genom detta ska regionen få ökad kompetens, säkerställa långsiktig kompetensförsörjning samt ge mervärden till stålindustrin. Medverkar gör bland annat SSAB, Outokumpu, Sandvik, Ovako, Uddeholm, Erasteel, Högskolan i Dalarna, Högskolan i Gävle, Karlstads universitet, Swerim och RISE.

Exempel på kluster inom bioekonomi och industriell symbios

Det finns flertalet framstående exempel på nordiska kluster som verkar för en hållbar bioekonomi och/eller industriell symbios.

Bothnia Bioindustries Cluster (RISE, u/å a) i Norr- och Västerbottens län är ett samverkanskluster för biobaserad ekonomi med fokus på den skogliga värdekedjan. Medlemmarna består av skogsindustrier, aktörer inom massa- och pappersindustrin, bioraffinaderier, akademi, forskningsinstitut med flera. Klustret finansierar projekt inom exempelvis bioflygbränsle, biokol, pyrolysoljeproduktion, kompositer och torrefierad grot.

Händelö Eco-Industrial Park (u/å) är ett industrikuster på ön Händelö utanför Norrköping med stort fokus på industriell symbios. Här finns värmeverk, ett bioraffinaderi, industrier, en biogasanläggning och en hamn. Flöden såsom biodrivmedel, träflis, livsmedelsrester, fjärrvärme, ånga och koldioxid delas mellan olika aktörer vilket skapar synergieffekter där ett flertal aktörer gynnas av utbytet.

Sotenäs kommuns symbioscentrum (2022) i Lysekils kommun är ett symbioskluster med fokus på att skapa samverkan inom den biomarina näringen. Projekt drivs inom hållbar industrisamverkan, blå mat, fiskeredskap, landbaserat vattenbruk och hållbar kunskapsturism. Klustret arbetar för att den biomarina näringen ska växa och få ökad innovations- och konkurrenskraft.

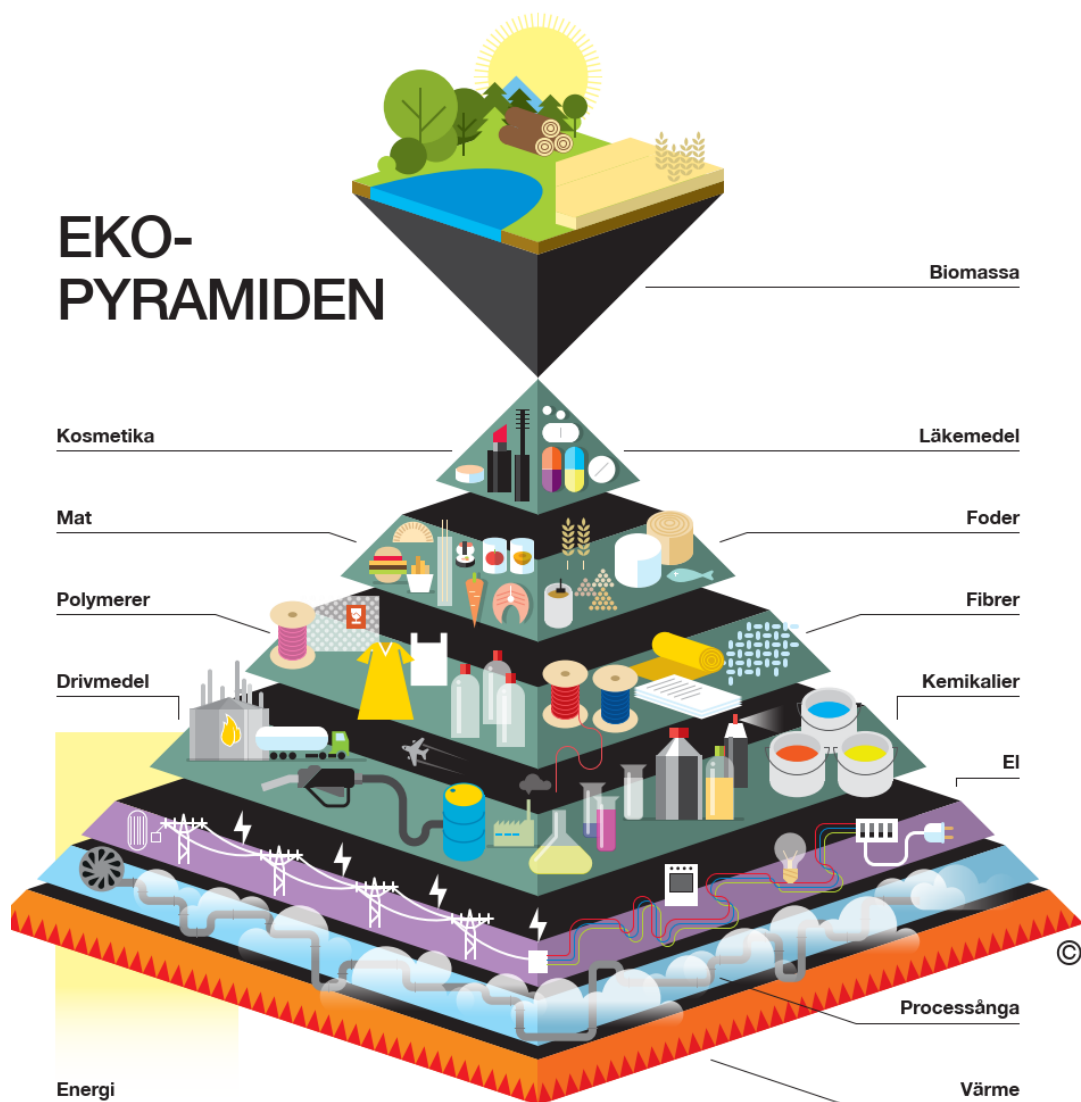
Kalundborg Eco-Industrial Park på västra Själland i Danmark har funnits i över 50 år och har en stor mängd anslutna aktörer (Kalundborg Symbiosis, 2022). Ett par exempel på aktörer i klustret är en kraftvärmeanläggning, vattenreningsverk, flera raffinaderier (biobaserade och fossilbaserade) samt läkemedel- och livsmedelsindustrier. Spillvärme från klustret används även för värme till privatpersoner i närliggande områden. Klustret arbetar med att koppla ihop nya partners och flöden och drivs av en styrelse bestående av de olika aktörerna samt Kalundborg kommun.

Framtida förädlingskedjor och innovativ bioteknik från bioråvara

Det finns ett stort antal möjliga förädlingskedjor för bioråvara och dess biströmmar, vilka sträcker sig från biogena drivmedel till jordförbättringsmedel och biobaserade batterier. Sverige har flertalet stora forskningsorgan och aktörer som arbetar med att ta fram nya biobaserade produkter och att få ut dessa på marknaden. Några av de framstående aktörerna, för att nämna ett par, är Sveriges Lantbruksuniversitet, Karlstads universitet, RISE, TreeSearch och WWSC. Ett par relevanta forskningsområden är Jordbruksbaserade Bioraffinaderier (RISE, u/å b) och Skogens Biomaterial (SLU, u/å). Flera av ovanstående projekt finansieras genom Vinnova.

Restströmmar från skog- och jordbruk har olika karaktär och kräver olika förädlingstekniker, varpå många olika systemlösningar krävs för att skapa högvärdiga produkter (RISE, 2020). Exempelvis kan biodrivmedel produceras från ett stort antal olika bioråvaror som kräver olika typer av förädling. För produktion av biodrivmedel finns tre teknikspår (Skogsindustrierna, u/å); termokemiska processer som med hjälp av temperatur och tryck omvandlar biomassa till syntesgas och bioolja vilka sedan kan vidareförädlas till biodrivmedel, biokemiska processer med syfte att utvinna socker som sedan förädlas till alkoholer, samt ligninbaserade tekniker där lignin utvinns från massaproduktion och förädlas till bioolja och biodrivmedel.

Beroende på bioråvarans egenskaper och därmed tillgängliga förädlingskedjor ges olika värden av slutprodukten, vilket visualiseras i ekopyramiden i Figur 1. Pyramiden prioriterar hur biomassan ska värderas utifrån mänskliga behov, ekonomiskt värde och exergi. Högst förädlingsvärde ges av de bioråvaror som bidrar till hälsa och livsmedel för människor och djur, exempelvis biomassa som kan förädlas till läkemedel (Eklund, 2022). Dessa produkter är de mest värdefulla och är tillgängliga i små kvantiteter. De mest högvärdiga produkterna är ofta producerade utifrån naturliga molekyler som är svåra att framställa syntetiskt, medan produkter i botten av pyramiden är lättare att ersätta. På den andra nivån i pyramiden finns mat och foder vilka har ett högt värde, utifrån såväl lönsamhet som mänskliga behov. Polymerer och fibrer, som kan användas för förpackningsmaterial, kläder och dylikt är relativt högvärdiga produkter som kan produceras med bioråvaror, som även kan bytas ut mot fossila insatsvaror. Drivmedel och kemikalier är produkter med högt värde som kan produceras från biogena insatsvaror och processer, exempelvis genom rötning, jäsning och förgasning. Biomassans olika restflöden och biströmmar kan nyttjas för att producera el, processånga och värme. Ekopyramiden kan användas för att prioritera vad en viss ström av biomassa ska användas till.



Figur 1. Ekopyramiden skapad av CleanTech Östergötland ©, med inspiration från "Ecopyramid: Proper utilization of biomass!" a Concept guide by Innovation Network, Netherlands, September 2008. Pyramiden visar optimal användning av biomassa, där livsmedel och hälsa för människor och djur ger ett högre värde än material, drivmedel och energi. Ju högre upp i pyramiden, desto lägre tillgängliga kvantiteter och högre värde.

Nedan är en sammanställning av aktuella förädlingskedjor med fokus på biströmmar från råvara från skogs- och jordbruk. I tabellen presenteras olika produkter producerade från bioråvara samt ingående biomassa och användningsområde, varpå alla produkter förklaras mer detaljerat i text under tabellen.

Tabell 1. Sammanställning av relevanta förädlingskedjor och innovativ bioteknik för bioråvara.

Produkt	Ingående biomassa	Användningsområde
Biokol	Torra biomassor såsom bark, halm, grot, rörflen, trädgårdsavfall, skogsrester.	Jordförbättringsmedel, industriella applikationer, kolsänka, förbränning
Hydrokol	Våta biomassor såsom bioslam, kommunalt avloppsslam.	Jordförbättringsmedel, förbränning
Torrefierade bioråvaror och svarta pellets	Torra biomassor såsom bark, halm, grot, rörflen, trädgårdsavfall.	Jordförbättringsmedel, förbränning
Biogas	Matavfall, avloppsslam, gödsel, jordbruksrester, industriella restprodukter, torra biomassor såsom bark och grot.	Biodrivmedel, industriella applikationer, förbränning
Etanol	Fuktiga biomassor såsom spån och skogsflis. Vete, socker, majs.	Biodrivmedel, kemikalier, förbränning
Metanol	Skogsrester såsom grot m.m., massaved	Biodrivmedel, kemikalier
Tallolja	Massaved	Biodrivmedel, kemikalier
Pyrolysolja	Torra biomassor såsom bark, halm, grot, rörflen, trädgårdsavfall, skogsrester.	Biodrivmedel, förbränning
Övriga biooljor och biobaserade drivmedel	Vegetabiliska och animaliska fetter, fuktiga restströmmar såsom halm, sågspån, bark och grot	Biodrivmedel, förbränning
Lignin	Massaved, sågspån	Bioplaster, biodrivmedel, kompositmaterial
Biobaserade plaster	Socker, oljor, stärkelser, hemicellulosa från trä, etanol, lignin	Bioplaster
Cellulosabaserade textilfibrer	Cellulosa, nanocellulosa etc från trä	Textilier
Biobaserade förpackningsmaterial	Cellulosa, hemicellulosa, betulin från trä	Förpackningsmaterial
Energilagringsmaterial	Cellulosa, lignin etc från trä	Energilagringsmaterial, batterier
Konstruktionsmaterial	Spån, flis, cellulosa, fibrer	Konstruktionsmaterial, långlivade träprodukter
Foder	Grot, surlut	Foder

Biokol

Biokol produceras främst genom en så kallad pyrolysisprocess. Pyrolysis är en termisk nedbrytningsprocess där organiska material (biomassor) hettas upp till flera hundra grader under syrefria förhållanden och omvandlas till en kolanrikad produkt. Pyrolysis kan genomföras utan vatten och kallas för torrpyrolysis eller torrefiering, samt med vatten och kallas då för våtpyrolysis eller HTC (Hydro Thermal Carbonization). Torrpyrolysis är lämplig för förhållandevis torra substrat som halm, bark och andra rester från trädgård och skog. Våtpyrolysis är en lämplig behandling för blöta organiska restprodukter som är svåra att avvattna. I båda fallen sker en anrikning av kol. Kolanrikningen är större vid torrpyrolysis än vid våtpyrolysis. Den kolanrikade produkten kallas för biokol/biochar vid torrpyrolysis och hydrokol/hydrochar vid våtpyrolysis. Organisationen European Biochar Certificate (EBC) har flertalet krav på såväl processen som slutprodukten, som reglerar vad som får kallas för biokol.

Utöver biokol ges även pyrolysolja och pyrolysgas vid pyrolysisprocessen. Pyrolysisprocessen och ingående substrat påverkar kvaliteten och innehållet av biokolet vilket avgör vad produkten kan nyttjas till. En vanlig applikation för biokol är som jordförbättring inom trädgårds- och jordbruksnäringen där biokol till viss del kan ersätta torv, på grund av sina goda vatten- och näringshållande förmågor. Biokolet agerar även kolsänka och skapar negativa utsläpp eftersom kolet lagras under en mycket lång tid (Naturvårdsverket, u/å). Biokol kan användas inom stålindustri, som tillsats i djurfoder, för förbränning, som fyllnadsmedel och som filtermaterial för att rena exempelvis vatten (Avfall Sverige, 2018).

Hydrokol

Hydrokol produceras i en form av så kallad våt pyrolysis (HTC) där våta organiska substrat hettas upp till cirka 200 °C i en syrefri miljö. Lämpliga ingående substrat är våta slamfraktioner, såsom bioslam från massa-/pappersindustrin och slam från kommunala avloppsreningsverk. HTC-processen ger en partiell förkolning och ger därmed inte lika hög kolhalt som en pyrolysisprocess, vilket ger hydrokolet en högre så kallad väte:kol-kvot. Hydrokolet är mindre stabilt än biokolet, varpå det inte ger samma långsiktiga kolsänka. Revaq arbetar idag med ett certifieringssystem för biokol/hydrokol producerat från avloppsslam (Svenskt Vatten, 2021).

Beroende på att bioslam har en högre askhalt än vedrester har hydrokol från slam en högre ask-halt än biokol från träråvara. Detta innebär att hydrokol passar bra för torversättning och som jordförbättringsmedel, men lämpar sig sämre för exempelvis reduktionsmaterial till stålproduktion. Genom att använda aska från en biobrännspanna, exempelvis en barkeldad panna, och hydrokol för att producera pellets ges en produkt som kan ge både kol och

näringsämnen till exempelvis skogsmarker (Paper Province, 2022 b). HTC-processen ger dessutom ett processvatten rikt på kväve.

Torrefierade bioråvaror och svarta pellets

Biströmmar från skogs- och jordbruk, exempelvis grot och rörflen, kan torrefieras till en produkt som eventuellt kan ersätta torv och komplettera biokol som jordförbättringsmedel (RISE, 2021). Torrefiering av biomassa sker i en syrefri miljö på lägre temperaturer än pyrolysprocesser, vid cirka 240–340 °C under cirka en timmes tid, vilket således ger lägre energibehov än vid en pyrolysprocess.

Odlingsförsök och studier av torrefiering av grot har gjorts inom Botnia Bioindustries Cluster (u/å) och av SLU i samarbete med Sveaskog, RISE och Econova. Såväl biokol som torrefierad grot bidrar till långsiktiga kolsänkor och är därmed en potentiell åtgärd för att nå målsättning om kolinbindning med mera. Det torrefierade grotet har lägre vattenhållande förmåga, är mindre poröst och är mindre stabilt än biokol. Vidare har den torrefierade groten en högre väte:kol-kvot än vad som tillåts för biokol enligt standarden från EBC (RISE, 2021). Generellt så innebär lägre temperaturer i torrefiering och pyrolysprocesser lägre stabilitet och högre näringsinnehåll. Detta innebär att torrefierad grot har högre innehåll av NPK (kväve, fosfor, kalium) än biokol från grot. Mängden näringsämnen i olika biokolsprodukter och torrefierade produkter beror dock mycket på de ingående substraten.

De torrefierade biomassorna kan även malas och pelleteras, för att skapa produkten *svarta pellets*. De svarta pelletarna har ungefär dubbel energiintensitet jämfört med vanliga kommersiella träpellets, varpå transportkostnader för skogsbaserade bränslen kan minskas kraftigt (Umeå Universitet, 2015). Pelletarna kan, förutom att förbrännas, även förgasas varpå det är möjligt att utvinna energirik gas som kan vidare syntetiseras till drivmedel och kemikalier.

Biogas

Biogas produceras främst genom anaerob rötning av olika avfallsfraktioner, såsom avloppsslam, matavfall, gödsel, jordbruksrester och industriella restprodukter (Energiforsk, 2017). Biogasen består av koldioxid och metan från biogena källor och kan uppgraderas till fordonskvalitet. Detta innebär att den uppgraderade gasen kan användas som drivmedel i antingen gasformig eller flytande form. Biogasen kan även användas för el- och värmeproduktion, både i sin uppgraderade och i sin oförädlade form. Den uppgraderade gasen, biometanen, kan vidareförädlas till andra förnybara bränslen såsom metanol och dimetyleter (DME) som kan användas i dieselmotorer.

Biogas kan även produceras genom pyrolys av olika biogena fraktioner, exempelvis råvaruströmmar från skogen samt genom förgasningsprocesser (Energigas Sverige, 2022). Vid förgasning av biomassa skapas syntesgas, biometan och eten som kan vidareförädlas till en stor mängd olika bränslen och kemikalier, exempelvis biometan/fordonsgas, vätgas, bio-diesel, metanol och DME (Energiforsk, 2017). Såväl förgasningsprocessen som pyrolysisprocessen ger restvärme och ett flöde av biokol. Skillnaden mellan processerna är bland annat syretillgången.

Etanol

Biobaserad etanol kan, precis som biogas, framställas på flera olika sätt. Det traditionella sättet att producera bio-etanol är genom jäsnings och destillering av stärkelserika jordbruksråvaror, såsom vete, socker och majs vilket benämns första generationens etanol. Biobaserad etanol kan även produceras från skogsrester såsom spån eller flis från skog och sågverk, vilket benämns som andra generationens etanol. Ingående bioråvara får inte vara för torr, varpå exempelvis RT-flis är en olämplig insatsvara. Produktionen sker genom en hydrolysisprocess där hemicellulosa och cellulosa omvandlas till socker, lignin och ett processvatten. Sockret jäses sedan till etanol. Processvattnet kan genomgå en rötningsprocess för att producera biogas. Etanol kan användas som biodrivmedel eller vidareförädlas till olika baskemikalier och kemiprodukter och på så sätt ersätta fossila oljeprodukter (Sekab, 2022).

Metanol

Idag produceras metanol främst från naturgas, men biobaserad metanol kan produceras genom förgasning av grot och andra biströmmar från skogen. Förgasningen sker i en miljö med hög värme och låg syrehalt, där skogsresterna omvandlas till en energirik gas. Från förgasningsprocessen ges en restprodukt i form av mineralrik aska som kan återföras till skogen för näring. En biometanol-anläggning med grot som insatsvara planeras i Värmland (Värmlandsmetanol, 2006). Metanol produceras även vid kokningsprocessen i ett massabruk, varpå metanol blir en av restprodukterna som skiljs av från massan (Södra, u/å). Metanol kan användas som insatsvara till olika kemiprodukter och som insatsvara inom biodrivmedelsproduktion, men kan även användas direkt som biodrivmedel. Biometanolen kan blandas in i bensin eller användas rent, där den marina trafiken är en särskilt intressant sektor. Biometanol kan även förädlas till ett biogent flygbränsle.

Tallolja

Tallolja produceras redan idag i Sverige, om än i liten skala (NE, u/å b). Tallolja är en samling av substanser från trädets kåda, och utvinns från ett massabruks kokningsprocess. Råoljan (CTO, Crude Tall Oil) är mångsidig

och kan förädlas vidare till många olika användningsområden, exempelvis kan tallolja raffinerats till biodrivmedlet talldiesel, samt till harts, fettsyror, bioolja/tallbecksolja eller terpentin varpå den kan ersätta fossilbaserade produkter.

Pyrolysolja

Pyrolys, eller torrdestillation, är en termisk nedbrytningsprocess där ämnen hettas upp i en torr och syrefri miljö. Detta ger en sönderdelning utan förbränning, vilket gör att insatsmaterialet avgår i såväl gasformiga som fasta och flytande fraktioner. Vid pyrolys av biomassa, exempelvis spån och grot, skapas en pyrolysolja, utöver biokol och biogen gas. Pyrolysoljan kan användas som en biogen eldningsolja vid industrier och värmeverk, men kan även förädlas vid raffinaderier för uppgradering till biodrivmedel (Setra Group, 2017). Pyrolysoljan kan efter vidareförädling ersätta bensin.

Övriga biooljor och biobaserade drivmedel

Det finns en stor mängd övriga biogena oljor med ursprung från lantbruk och skogsbruk.

Fatty Acid Methyl Ester (FAME) är en form av biodiesel från fettsyra och metanol, som framställs genom vegetabiliska eller animaliska fetter.

Hydrogenated Vegetable Oil (HVO) har sitt ursprung från samma fetter som FAME, men en något olik tillverkningsprocess. HVO som biodiesel är i princip identisk till den fossila dieseln kemiska uppbyggnad och kan därmed ersätta fossil diesel rakt av.

Rapsmetylester (RME) framställs från rapsolja och metanol och kan ersätta dieselolja i fordon samt eldningsolja i industriella förbränningsprocesser. I Sverige används RME som inblandning i konventionell diesel som tankas vid pump.

Processen hydrotermisk förvätskning (HTL) producerar biooljor som kan användas som en förnybar eldningsolja eller uppgraderas till biodrivmedel (Bio Innovation, 2020). Processen kan nyttja våta restströmmar såsom halm, sågspån, bark och grot.

Lignin

Lignin är en beståndsdel i trä och utgör cirka en tredjedel av vedens vikt (NE, u/å a). Ligninet är en form av naturligt kompositmaterial som bidrar till mekanisk styrka. Lignin kan utvinnas vid massakokning samt vid hydrolys. I en hydrolysisprocess separeras socker och lignin från cellulosa och hemicellulosa. Hydrolys av rått sågspån ger etanol eller mjölksyra, biogas och lignin. Ligninet får olika egenskaper och kvalitéer beroende på produktionsätt, och är därmed olika lämpliga för vidare förädlingssteg (Bio

Innovation, 2019). En applikation som tros bli viktig framåt är ligninbaserade material, som kan ersätta hårdplaster och lim (Stockholms universitet, 2021). Ligninet kan då agera byggsten för olika nya material, med fördelen att många olika egenskaper kan fås fram genom att förändra andelen lignin. Pelleterad lignin kan även blandas in i fraktioner med återvunna plaster för att minska klimatpåverkan från materialet (Lignin Industries, u/å).

Ligninet används idag som energibärare inom massaindustrier, men kan vidareförädlas till biodrivmedel samt till material- och livsmedelsprodukter. RISE i Piteå har sedan 2017 en processanläggning som producerar flytande biodiesel från ligninbaserade oljor (RISE, 2017). Det flytande ligninet kan användas som biodrivmedel i såväl bibensin som biodiesel. Flera svenska aktörer är nu delaktiga i att starta upp ligninbaserad drivmedelsproduktion i Sverige (RISE, 2018 a). RISE beskriver att en av utmaningarna framåt är för massabruken att lyckas göra ligninutvinningen ekonomiskt lönsam, samtidigt som de menar att priset troligen aldrig kommer konkurrera med fossila bränslen, varpå långsiktiga politiska styrmedel är viktiga för den fortsatta utvecklingen inom biodrivmedel från skogen.

Biobaserade polymerer

Det finns flera olika produktionsmetoder och insatsvaror för att skapa biobaserade polymerer och plaster. Biobaserade plaster kan vara både nedbryttningsbara och ej nedbryttningsbara (IVA, 2017). De biobaserade plasterna bygger på biogena insatsvaror såsom socker, oljor och stärkelser. Skogsbaserade värdekedjor som är intressanta för bioplasttillverkning är bland annat andra generationens etanol och lignin. Bioplaster kan bli en viktig del av framtidens förpackningsindustri, genom plasters barriäregenskaper som hindrar fukt och syre att passera (IVA, 2017). Detta blir särskilt intressant för livsmedelsindustrin. Idag forskas kring användning av hemicellulosa som barriär, men produktionen ligger ännu inte på en ekonomiskt rimlig nivå för storskalig produktion.

Cellulosabaserade textiltfibrer

Textilier produceras idag från naturmaterial såsom bomull och linne samt från fossila insatsvaror såsom olja, men det finns även textiltfibrer från trä; bland annat viskos, lyocell, rayon och konstsilke (IVA, 2017). För dessa material löses vedens cellulosa upp i kemiska processer och vidareförädlas till textiltfibrer. Det är även möjligt att spinna nanocellulosa från träfibrer till trådar, genom att utvinna fermenterbart socker ur fiberrejekt som bakterier omvandlar till nanocellulosa. Processen ger egenskaper som är bättre än glasfiber varpå skyddskläder och kompositmaterial kan bli framtida användningsområden. Nanocellulosan tros bli ett stort applikationsområde med stora industriella satsningar. Skogsbaserad kolfiber är på grund av sin låga vikt ett så kallat lättviktsmaterial som kan bli intressant för att

exempelvis producera smarta textilier, förpackningar eller som insatsvara inom fordonsindustrin. Kolfiber kan även produceras från lignin.

Biobaserade förpackningsmaterial

En stor mängd olika typer av förpackningsmaterial går att producera från olika skogsråvaror utöver papper och kartong. Pappers- och massaindustrin forskar exempelvis kring barriärer genom bioplast, betulin eller hemicellulosa, genomskinliga träprodukter och kompositmaterial. Kompositmaterial bestående av bioplaster och träfibrer kan användas inom exempelvis fordonsindustri och byggbranschen (IVA, 2017). Biobaserade elektroniska material förväntas kunna användas inom framtidens förpackningsindustri, för att exempelvis signalera ett livsmedels hållbarhet.

Energilagringmaterial

Framtidens energisystem ställer ökade krav på energilagring, där strukturella batterier producerade från kolfibrer är ett intressant tillämpningsområde (IVA, 2017). Strukturella batterier kan både lagra energi och bära laster, vilket innebär att exempelvis delar av en bilkaross skulle kunna agera energibärare. De biobaserade kolfibrerna kan produceras från lignin. Det är även möjligt att producera superkondensatorer och superbatterier från cellulosa från skogen (IVA, 2017).

Konstruktionsmaterial

Flera olika biprodukter från skogen kan omvandlas till konstruktionsmaterial och byggkomponenter. Träskivor är skivmaterial med trä som primär insatsvara och delas in i tre grupper; plywood/lamellträ, fiberskivor och spånskivor (Paulsson & Andersson, 1998). I dessa grupper inkluderas exempelvis OSB-, MDF- och LDF-skivor. Genom att nyttja biflöden av skogsråvaror såsom spån, cellulosa, flis och fibrer kan konstruktionsmaterial produceras vilka anses vara långlivade produkter. En fördel med långlivade träprodukter är att de ger en mycket lång inbindning av kol, eftersom trädet tar upp koldioxid under tillväxtfasen och kolatomerna blir inbundna under hela byggnadens livslängd (Fossilfritt Sverige, 2021).

Foder

Foderproduktion från skogsråvara är ännu under forskningsstadium, där RISE undersöker hur produktions- och värdekedjan kan möjliggöras och vilka aktörer som behöver samverka (RISE, 2022 a). Från skogliga restprodukter, såsom grot eller surlut, kan så kallade single cell proteiner utvinnas. Det sker genom att groten finfördelas och genomgår en sur hydrolysis-process som ger en fraktion frigt socker. Detta socker kan sedan fermenteras varpå single cell proteiner produceras. Proteinerna kan sedan vidareförädlas till fiskfoder. Det finns även en pilotanläggning i Säffle för odling av mikrosvamp

i luten från massa- och pappersbruk, som sedan kan ersätta fiskmjöl i djurfoder (Cewatech, u/å).

Övriga applikationer

Ovan sammanställning tar upp ett stort antal framtida tillämpningsområden, men det finns många fler forskningsområden och tillämpningar som kan vara aktuella. Bland dessa finns exempelvis:

- Konsistensgivare i läkemedel
- Hygienprodukter såsom blöjor
- Vanillin från lignin
- Gummi från betulin, utvunnet från näver/björkbark
- Bildskärmar av papper och trä som lyser
- Cellulosabaserade batterier
- Inbyggda solceller i konstruktionsmaterial

Analys

I avsnittet nedan analyseras olika möjliga värdekedjor och industriella symbioser för att lyfta styrkor och svagheter kopplat till länets förutsättningar. Möjligheten till att etablera biokluster och vilka synergier som kan uppstå diskuteras utifrån lokala förutsättningar och de tankar som lyfts under intervjustudien. Även regionens roll och hur de kan stötta länets aktörer lyfts, utifrån intervjustudiens resultat. Analysen och förslag till projekt som Region Dalarna kan arbeta vidare med bygger till stor del på åsikter från de olika aktörer som intervjuats under studien. Lista på intervjuade aktörer återfinns i Appendix.

Möjliga värdekedjor och industriella symbioser i Dalarnas län

I Dalarna finns stora tillgångar till resurser från skogen, vilka idag används till såväl förädling som bioenergi. Vissa biströmmar från bioråvara har identifierats ha stora potentialer och skulle kunna nyttjas mer effektivt för energi- och klimatomställningen. Bland dessa finns bark, spån och grot. Utöver att nyttja dessa till förbränning för värme- och elproduktion kan en mängd olika förädlingsprocesser nyttjas, där de mest aktuella värdekedjorna för Dalarnas län presenteras nedan utifrån en bedömning om vilka förädlingskedjor i den tidigare presenterade bruttolistan som är mest intressanta för Dalarnas län. Dalarna har exempelvis en stor sågverksindustri, vilket skapar biprodukten kutterspån vid hyvling. Börjesson (2021) beskriver att Dalarna är ett av tre län i Sverige som kan bli självförsörjande på biodrivmedel genom att nyttja sågspån och kutterspån. Detta förutsätter dock att sågverken använder andra former av biobränslen för intern värmeproduktion så att spånet frigörs. För att öka innovationsgraden i länet och även värdet av de biobaserade produkterna så kan ekopyramiden nyttjas, där vidareförädling till bland annat drivmedel och material ger högre värde än värme och el.



Figur 2. Värdekedjor från bioråvarans biströmmar som anses vara mest relevanta för Dalarnas län.

Biokol och torrefierad skogsråvara

Genom de potentialer som påvisats i länet bedöms Dalarnas län ha stora möjligheter till att producera biokol och torrefierade skogsprodukter i länet. Det finns många olika torra biströmmar som kan nyttjas, exempelvis bark och grot. Grot är ett av de flöden som har visat störst potential i Dalarna genom de stora tillgängliga volymerna, men volymen skapar även vissa utmaningar gällande logistikkedjor och hållbara transportlösningar. För bark presenteras andra utmaningar med vidareförädling, exempelvis genom de föroreningar såsom grus och aska som kan följa med barken och därmed påverka förädlingsprocessen.

Det finns en stor mängd möjliga användare av biogent kol i länet, varierande från industriella applikationer till trädgårds- och jordbruksnäringen samt genom återföring till skogen. Certifiering av biokolet tros ge stor påverkan på produktens avsättning. Beroende på vilken slutanvändning som väljs ges olika värden utifrån ekopyramiden, där återföring av biomassa till naturen ger högst värde, foder ger högt värde, materialproduktion (stål) medelhögt värde och förbränning lågt värde. Det är viktigt att beakta kvaliteten på kolet ur en marknadsaspekt, då olika användare har olika behov av renhet och stabilitet i kolkällan. Om kolet ska användas inom process- eller stålindustrin krävs hög kvalitet och en mycket hög kolhalt, vilket är viktigt för eventuella biokolsproducenter att ha i åtanke om de planerar produktion i länet. En sådan parameter som måste beaktas är kolkällans innehåll av alkaliska element från exempelvis bark som kan vara skadlig i vissa industriella produktionsprocesser. För att biokolet ska få sådan kvalitet som gör att den kan nyttjas inom stålindustrin behöver troligen primär skogsråvara användas, exempelvis resursströmmar från stamved. BioFuel Region har i sitt projekt Bio4Metals studerat kvalitetsbehoven för biokol inom metall- och stålindustrin (Biofuel Region, 2022 a), vilket öppnar upp

möjligheter för erfarenhetsåterföring mellan regioner som står inför liknande frågeställningar. Kvalitetsaspekten inom biobaserade kolkällor belyser vikten av dialog inom regionen; mellan producenterna av bioråvara, förädlingsföretag och slutanvändare.

Valet mellan att producera biokol eller torrefierade skogsprodukter beror av flera faktorer, där den mest centrala är vad slutprodukten ska fylla för syfte. Syftet kan exempelvis vara att agera stabil kolsänka eller ge hög vattenhållande förmåga till pH-reglering. Torrefiering som metod ger lägre energibehov än pyrolysisprocesser, men biokol har betydligt högre väte:kol-kvot, vilket innebär högre resistens mot nedbrytning och en mycket stabil kolsänka. Biokolet har även bättre vattenhållande förmåga och högre pH. Marknadsvärdet för produkterna kan påverkas positivt av de certifieringar som finns. För att uppnå certifieringen EBC för biokol från skogsråvara så måste hållbar skogsskötsel garanteras, genom exempelvis PEFC- eller FSC-märkning (Avfall Sverige, 2018). Torrefierad grot tros inte kunna uppnå EBC-standarden i dagsläget, vilket således påverkar produktens avsättningsmöjligheter. Biokolsmarknaden i sig är inte mogen då storskalig produktion och handel inte kommit i gång ännu. En framtida möjlighet inom biokol är så kallade *Carbon Removal Credits* som är en form av utsläppsrätt för negativa utsläpp.

Hydrokol

Genom att slam ofta har hög andel vatten begränsas mängden förädlingsmöjligheter, eftersom torkningsprocesser är energikrävande och ökar kostnaden för förädling. Dalarnas flöden av avloppsslam från kommunala reningsverk och bioslam från pappersbruk skulle kunna nyttjas till hydrokolproduktion. En av de viktigaste faktorerna som avgör om detta är möjligt är volymen av slam-flöden. Vidare är bioslam lättare än avloppsslam att nyttja ur såväl marknadsföringssynpunkt som innehållsmässigt (avseende föroreningar). Idag finns ingen etablerad marknad för hydrokol, men återföring till biosfären eller förbränning tros vara två framtida användningsområden. På grund av att hydrokolet inte har lika hög kolhalt och stabilitet som biokol samt högre halt av föroreningar försvåras användningen av hydrokol inom industrin och det anses inte vara en avsättningsmöjlighet i Dalarnas län. Biokolet har alltså generellt bättre egenskaper och kan således konkurrera ut hydrokolet i vissa applikationer. På grund av hydrokolets egenskaper kan det vara svårt att nyttja produkten till högvärdiga applikationer i ekopyramiden, därmed kan det vara mer relevant att använda hydrokolet till värmeproduktion vilket är lägre värderat enligt ekopyramiden. Detta kan hjälpa till att frigöra andra mer högvärdiga bioråvaror till andra förädlingskedjor. Detta är mycket relevant i Dalarnas län, då spån idag eldas på sågverken trots att det finns stort intresse att vidareförädla strömmen. Genom detta kan hydrokolet användas som en form av avfallshantering för annars svårhanterliga strömmar av slam samt för att frigöra annan bioråvara, så kallad substituering. Eftersom hydrokolet inte är

lika stabilt är det inte troligt att hydrokol kan skapa så kallade kolsänksrätter.

Flera synergier är möjliga vad gäller hydrokolproduktion. Genom att placera hydrokolsproduktionen nära en biobränslepanna är det möjligt att kombinera hydrokolet och aska till en pelleterad produkt, vilket möjliggör återföring av kol och näringsämnen till skogen och därmed sluter det cirkulära flödet. Detta ger ett högt värde enligt ekopyramiden, då biomassa återförs till biosfären. Återföring av kol till skogen tros vara en relevant avsättning i Dalarnas län, beroende på produktens kvalitet och marknadens intresse av produkten. En marknadsmöjlighet är genom processvattnet från hydrokolsproduktion som är kväverikt och därmed kan vara intressant för såväl jordbruk som växthus. Vid lokalisering nära ett växthus kan både processvattnet och värme delas för ökad industriell symbios i Dalarnas län. Utöver närhet till en biobränslepanna är även tillgången till vatten, vattenrening, kylvatten samt el viktiga vid etablering av en hydrokolsanläggning.

Etanol

På grund av länets sågverk ges stora flöden av sågspån, som idag främst nyttjas till värmeproduktion. Intresset för att använda spån och flis har varierat stort i länet, där det tidigare var svårt att bli av med spån medan det idag finns stort intresse för att använda spån till olika applikationer. Det finns möjlighet att vidareförädla flöden av rått spån till andra generationens etanol genom hydrolys. Etanolen kan användas som biodrivmedel eller vidareförädlas till gröna kemikalier, vilket ger relativt högt värde enligt ekopyramiden och skapar möjlighet att tränga ut fossila drivmedel i länet. Utöver tillgängliga flöden av bioråvara och närhet till sågverk är även tillgång till ånga samt biologisk rening viktiga faktorer vid etablering av en etanolproduktionsanläggning. Dessa faktorer bedöms kunna uppfyllas i Dalarna, såvida strategiskt placerade industritomter finns tillgängliga.

Produktionen av etanol ger även flöden av lignin, biogas och biogen koldioxid som restprodukter, vilket ger goda symbiosmöjligheter med närliggande industrier som kan tänkas nyttja dessa flöden. Därmed är det fördelaktigt att placera en produktionsanläggning för etanol nära industrier som kan förädla lignin. Biogas och biogen koldioxid ger även möjlighet att dela flöden med växthus som kan nyttja koldioxid som gödning samt industrier som behöver biogas i sina logistikkedjor eller industriella processer. Etanolproduktion ger en god grund och bra förutsättningar för gröna värdekedjor i ett biobaserat kluster på grund av de olika flödena som kan delas.

Metanol

Sidoströmmarna från Dalarnas skogsråvara har goda potentialer att förädlas till biogen metanol. Genom att nyttja framför allt grot kan förnybara

biodrivmedel produceras inom länet och grot är en av de biströmmar som har visat störst potential i Dalarna. Vidare har metanolen den stora fördelen att den i stor utsträckning kan användas i befintliga motorer, vilket ger möjlighet för industrin och transportsektorn till en snabb omställning. Då metanol är en insatsvara till många andra produktionsprocesser för biodrivmedel är det möjligt att en metanolproduktion i länet skulle kunna göra det mer intressant för andra bioraffinaderier att placera sig nära en källa av biogen metanol.

Däremot innebär en biodrivmedelsproduktion enbart baserad på grot stora utmaningar inom hållbara transporter eftersom det rör sig om stora volymer som ska fraktas inom länet. Detta innebär att strategisk placering, tillgängliga industritomter och smarta logistiklösningar blir en mycket viktig faktor för eventuell metanolproduktion i Dalarna. En restprodukt från metanolproduktionen är aska innehållandes de mineraler som fanns i skogsråvaran. Askkan kan med andra ord återföras för att skapa cirkulära synergieffekter inom länets skogsindustri.

Biogas

Det finns många olika metoder för att producera biogas varav flera är intressanta för Dalarnas län. För att framställa biogas ur skogsråvara är rötning av industriavfall från pappersbruk intressant, samt från pyrolys- och förgasningsprocesser med bioråvara som insatsvara. För anaerob rötning av bioslam för att omvandla cellulosan till biogas, är potentialen som störst vid sulfid- och sulfat-baserade massabruk, men tekniken är även relevant att applicera på pappers- och kartongbruk. Det är även möjligt att samröta processvattnet från massa- och pappersbruk med andra avfallsfraktioner för att öka potentialen (Energiforsk, 2017). För förgasning av biomassa anses länets tillgångar av grot samt eventuell bark som idag används för bioenergiproduktion vara de mest aktuella flödena, vilket skulle ge en högre nivå av värde enligt ekopyramiden.

Länets industrier använder framför allt fossil gas inom industriella processer. Biogas är särskilt intressant för regionen då det kan användas som ett övergångsbränsle inom industri men även inom transporter, tills dessa sektorer har uppnått sin önskade elektrifiering. Även när länets industrier har uppnått sina mål kring elektrifiering lär det finnas behov av biogena energikällor, varpå avsättningen för biogas inte kommer vara en avgörande fråga idag eller i framtiden. Biogasen kan bland annat bli en stor bidragande faktor till att säkerställa hållbara logistikkedjor för bioråvara från skogen, då transport av biomassa ofta innebär stora volymer och långa transportavstånd.

Biooljor

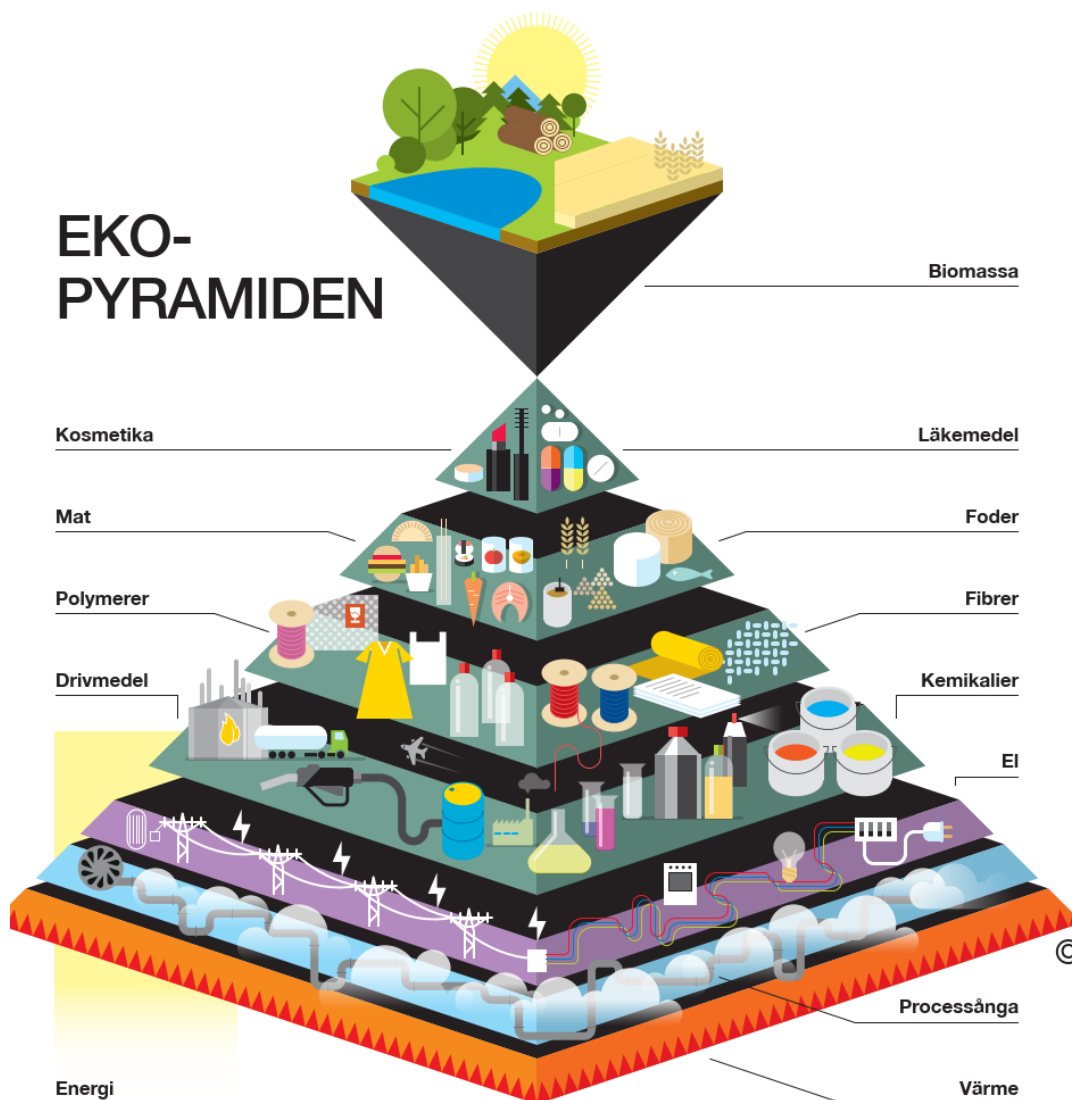
Olika former av biooljor kan vara mycket intressanta värdekedjor att utreda vidare för Dalarnas län. Särskilt intressanta produktionsmetoder är pyrolysolja, tallolja och bioolja från HTL-processen, utifrån de potentialer som finns i länet. Tidigare utredningar i länet har visat att flertalet stora industrier och värmeanläggningar har behov av eldningsolja, exempelvis i form av spetslast, varpå såväl produktion som användning skulle kunna ske inom länets gränser. Variationen i biooljeproduktionsprocesserna innebär också att olika fraktioner av biströmmar från skogsbruk skulle kunna nyttjas. Grot är en fraktion som kan vara svår att hantera inom förädlingsprocesser på grund av att det är en inhomogen råvara som kan innehålla oönskade ämnen såsom stenar och grus samt metaller från barr och bark. Grotet måste även malas och har inte samma cellulosaegenskaper som stocken, vilket har bidragit till att grotet främst används som bränsle. Forskare har dock märkt att HTL-processen inte är lika känslig för denna typ av variationer (Bio Innovation, 2020), vilket ger möjlighet att vidareförädla en råvara som länet har god tillgång till men som kan vara svår att nyttja i andra processer.

Framtida förädling i Dalarnas län

De utvalda värdekedjorna för Dalarnas län är anpassade efter vilka tillgängliga flöden och potentialer som finns i länet samt vilka behov som har lyfts under intervjustudien. Exempelvis är hållbara transportlösningar en framtida utmaning för länet som återkom i flertalet intervjuer, varpå biodrivmedelsproduktion blir mer relevant att undersöka vidare. För att uppfylla skogsnäringens mål om att öka den inhemska produktionen av biodrivmedel från 1 TWh till 10 TWh (Skogsindustrierna, u/å) finns möjlighet för Dalarnas län att ta en framstående roll, utifrån länets tillgängliga resursflöden. En gemensam tråd för flera av värdekedjorna är att många än så länge är relativt småskaliga, där det finns ett fåtal kommersiella anläggningar alternativt på pilot- eller demoskala samt i vissa fall omogna marknader.

Värdekedjorna som valts ut som mest relevanta för Dalarnas län rör sig generellt på mitten av ekopyramiden. Biogas (vilket inkluderar biogödselproduktion om det görs via en rötningsprocess), hydrokol och biokol uppvisar större värden eftersom har potential att återföra biogent kol till biosfären och därmed återgå till biomassa. Flera av värdekedjorna dessutom kan placera sig på olika delar av ekopyramiden, beroende på vilken avsättning som väljs. Exempelvis är metanol mer värdefullt som insatsvara till produktion av biopolymerer än som biodrivmedel, och biokol är mer värdefullt som tillsats inom djurfoder än i material. Genom framtida teknikutveckling och kvalitetshöjande åtgärder i produktionsprocesserna kan det vara möjligt för dessa produkter att klättra i pyramiden om nya applikationsområden blir möjliga. Konstruktionsmaterial kan placeras på

mitten av pyramiden, vid andra biobaserade material såsom polymerer och fibrer. Långlivade träprodukter ger även en mycket lång inbindningstid av kol, vilket kan tas hänsyn till vid prioritering av värdekedjor.



Figur 3. Ekopyramiden skapad av CleanTech Östergötland ©, med inspiration från "Ecopyramid: Proper utilization of biomass!" a Concept guide by Innovation Network, Netherlands, September 2008. Pyramiden visar optimal användning av biomassa, där livsmedel och hälsa för människor och djur ger ett högre värde än material, drivmedel och energi. Ju högre upp i pyramiden, desto lägre tillgängliga kvantiteter och högre värde.

Möjligheten till biokluster och synergier i Dalarnas län

Grundläggande förutsättningar

För att skapa en hållbar affär som är lönsam och miljövänlig är industriell symbios en stor möjlighet. Industriella symbioser och synergier kräver några grundläggande förutsättningar:

- **Marknad:** Det behöver finnas en marknad för den nya produkten. Marknaden kan vara antingen lokal, regional, nationell eller global. För ekonomiskt transportkänsliga produkter är behovet av en lokal marknad större, det vill säga för produkter med låg marginalvinst där högre transportkostnader är avgörande för produktens lönsamhet. Regional efterfrågan av biogena produkter är ett exempel på marknad i Dalarnas län. Marknader kan skapas genom exempelvis reduktionsplikt för bränslen, ekonomiska system för kolsänkor eller för användning av förnybara material.
- **Teknologi:** Teknologin för den nya produkten behöver vara på en sådan mognadsgrad att företagen vågar investera. För att möjliggöra teknologisk utveckling spelar exempelvis testbäddar och innovationsstöd roll.
- **Råvara:** Det behövs lokala förutsättningar i form av tillgänglig råvara. Råvaran till den nya produkten behöver finnas tillgänglig i rätt mängd och kostnad. Det behöver även finnas en ersättningsprodukt för det nuvarande användningsområdet som råvaran tränger undan. Exempelvis måste flis och spån som används till en ny förädlingskedja ersättas av något annat i fjärrvärmeproduktion.
- **Energi:** Det behövs lokala förutsättningar för att driva en anläggning i form av el, vatten, värmebehov etcetera.
- **Plats:** Det krävs lokala förutsättningar i form av tillgänglig mark. Marken bör vara detaljplanerad som industrimark för att spara tid, kostnad och osäkerhet i tillståndsprocessen för företaget. Platsen behöver ha rätt förutsättningar för den nya industrin; exempelvis tillgång till bra logistikvägar, eller närhet till industrier för möjlighet till symbios.
- **Kompetens:** För att lyckas med industriell symbios och nya förädlings tekniker krävs en stor mängd teknisk kompetens inom olika områden, bland annat inom nya produktionsprocesser samt för att kunna matcha resursflöden.

Tillgängliga råvaruflöden, teknologisk utveckling och förädling

Industriernas klimat- och energiomställning kan ses som en utmaning, men även en möjliggörare för länet att skapa nya värdekedjor från bioråvara.

Industriernas behov av olika biogena flöden kan bli en så kallad enabler för gröna kluster för att kick-starta i gång olika marknader och öka värdet av produkterna, exempelvis för biogas och biokol.

Den mest avgörande faktorn för etablering av bioraffinaderier och förädlingsindustrier är tillgängliga volymer av råvara att förädla. Dalarnas län har stora potentialer inom flertalet sidoströmmar från skogen, dock nyttjas många av dessa redan för värmeproduktion vilket väcker frågeställningen var varje enskild råvara gör mest nytta i omställningen. För att bioråvaran ska frigöras till förädling så måste det finnas andra hållbara och kostnadseffektiva bioenergilösningar åt de industrier och verksamheter som använder biobaserad energi och värme. Det behöver också finnas en marknad och efterfrågan av den förädlade produkten, så att investeringen ger högre lönsamhet än att sälja värme från skogen likt dagens system. För regionen blir därmed en viktig fråga att utreda framåt hur man kan tillgodose länet med förnybar el och värme så att bioråvaror kan frigöras till andra ändamål.

Andra områden som Dalarnas län bör satsa på är fortsatt utveckling av den tekniska mognadsgraden. Det finns stora möjligheter till fortsatt teknisk utveckling med stora möjligheter till att klättra ytterligare på ekopyramiden. För att skapa know-how och dra till sig nya investeringar med möjlighet till jobbskapande krävs fortsatt satsning av testbäddar och finansiering till pilotprojekt. Utan en hög teknikutveckling finns risk att utvecklingen stannar av i länet. Organisationer såsom Paper Province, Sustainable Steel Region och Bothnia Bioindustries spelar här en stor roll för att möjliggöra och samordna testbäddar och pilotprojekt. För att kunna fortsätta sina arbeten krävs finansiering. För att i sin tur ha en plan för regional finansiering krävs strategiska färdplaner för Dalarnas län för att kunna satsa pengar på de delar som ger mest långsiktig nytta för länet.

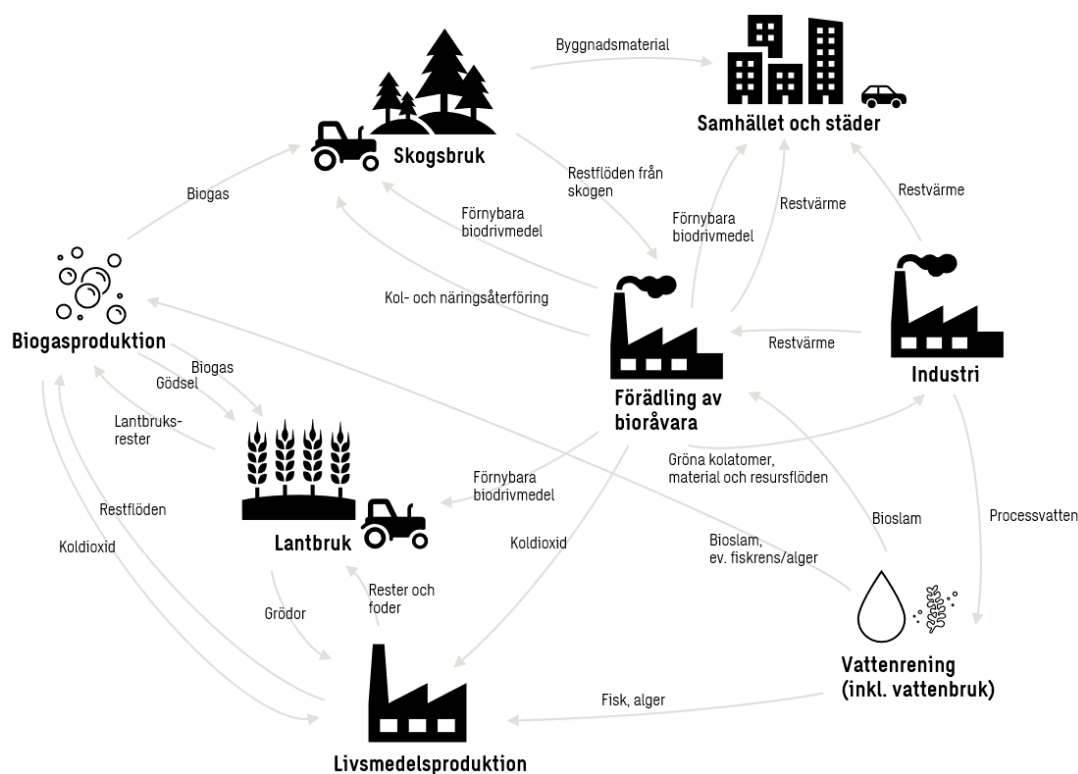
Det finns ett stort antal kluster och samverkansplattformar som Dalarna kan använda som exempel på hur samarbetsformer kan utvecklas och byggas upp. Exempel är Trädbränslenätverket, Bothnia Bioclusters, Processum Intresseförening för bioraffinaderikluster, Vreta Kluster och Urban symbios i Malmö stad. Malmös projekt består av en samverkan mellan staden, akademien, näringslivet, industrin och systemägare för energi, avfall, vatten och avlopp. Projektet ingår i Svensk Plattform för Industriell och Urban Symbios, som sammanställs av Linköpings Universitet med stöd av Sotenäs Symbioscentrum och Chalmers Industriteknik (Industrial Symbiosis u/å). Möjligheten att förkorta tillståndsprocesser är en fråga som är viktig, inte bara i länet, utan i hela Sverige. För Dalarnas län kan kommunerna utreda lämpliga industritomter och planlägga dessa som industrimark. Företagen sparar då tid och minskar osäkerheten i den känsliga etableringsfasen. Dalarnas län kan ha en tjänsteperson som är ansvarig för samordning mellan olika avdelningar och det nyetablerande företaget, vilket är positivt för att påskynda etableringsfasen. Genom ovanstående förslag på arbetssätt hjälper

länet till både med att möjliggöra mark, möjliggöra industriella samverkansmöjligheter med möjlighet till nya industrier, samt möjliggör en mer effektiv etableringsprocess.

Delade flöden och synergier

Det finns ett antal viktiga parametrar för att lyckas med etableringen av ett biokluster, där flera industrier, bioraffinaderier och förädlingsföretag i geografisk närhet samverkar och delar flöden. En grundläggande faktor i ett symbioskluster är förekomst av så kallade ankare, det vill säga stora väletablerade industrier med stora flöden av resurser och energi. I Dalarnas län skulle detta kunna vara ett pappersbruk eller sågverk. En sådan industri ger goda grundförutsättningar för synergier och underlättar etablering för andra industrier. Mindre företag med begränsade investeringsutrymmen gynnas stort av att kunna nyttja ett ankares flöde av exempelvis värme och ånga vilket därmed minskar behovet att investera i en egen panna. Närhet eller integration med kraftvärmeverk eller en industris värmeproduktion anses vara särskilt viktig för biokol-, pyrolysoljeproduktion och andra värmeintensiva förädlingsprocesser, eftersom det sänker såväl investeringskostnaden samt driftskostnaden för anläggningen (RISE, 2018 b). Tillgång till kylvatten har även visat sig vara viktigt för flera företag som vill vidareförädla bioråvara eller andra industriers biströmmar. Värme och ånga delas redan idag i ett antal orter i Dalarna, exempelvis där en industri levererar ut spillvärme till fjärrvärmenätet. Flera deltagare i intervjustudien uttrycker en önskan om att öka sådana samarbeten och att det är möjligt att utföra detta i ännu större utsträckning än vad som görs idag, samt att tillvaratagande av denna typ av restströmmar ligger helt i linje med vad länets aktörer vill göra.

För många mindre företag som förädlar bioråvara kan även tillgången till vattenrening och tillgängliga recipienter för det reade vattnet vara viktiga faktorer vid val av område för etablering. Möjlighet att ansluta till en befintlig industris vattenreningsanläggning kan därmed vara mycket fördelaktigt och i Dalarna finns potential kring samverkan av biologisk rening vid pappersbruken. I ett biokluster med pappersindustrier kan det även finnas möjligheter för landbaserat vattenbruk, där alger (Svensson, 2014) kan hantera närsalter och fixera koldioxid från pappersbrukets processvatten, alternativt fiskodling (BigAkwa, u/å) som nyttjar pappersindustrins spillvärme och återför processvattnet från fiskodlingen till pappersbrukets biologiska rening. Dessa symbiosförhållanden kan ge ökad avsättning för ett pappersbruks flöden samt ge ökad regional livsmedelsförsörjning såväl som ingående substrat i form av restflöden till biogasanläggningar.



Figur 4. Exempel på hur ett biokluster i Dalarnas län skulle kunna utformas inklusive ett urval av flöden som kan vara aktuella att samverka kring.

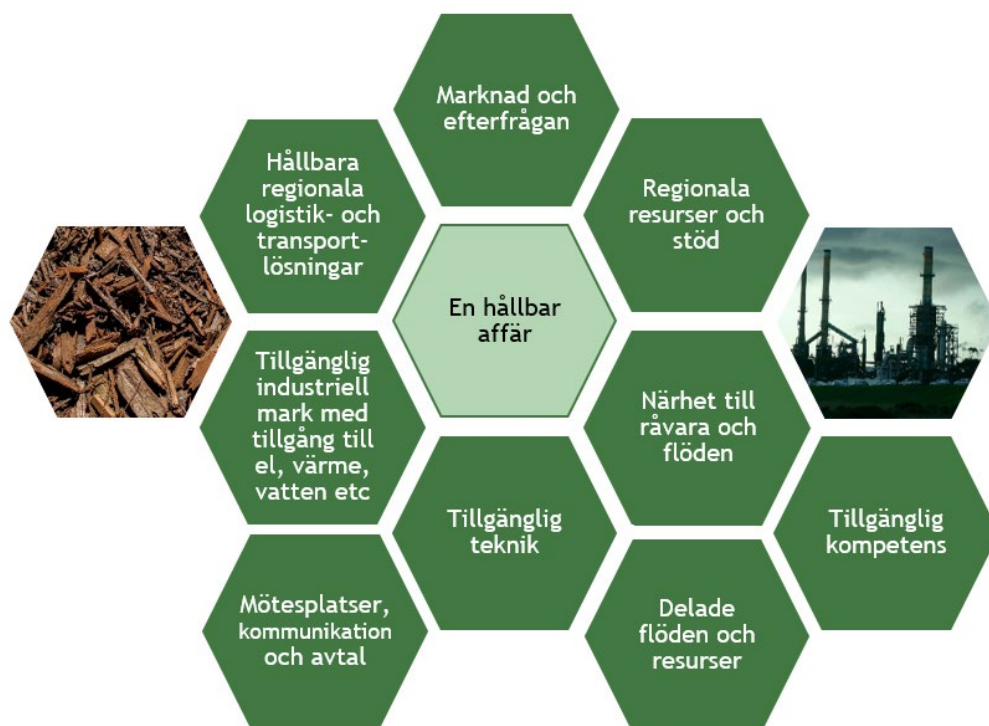
Flera av de tidigare beskrivna förädlingskedjorna kan bidra till kol- och näringsåterföring till skogen. Exempelvis ger biobrännlepannor näringsrik aska, metanolproduktion ger aska och biokol samt hydrokolsproduktion ger en kolkälla. Näringsåterföring till skogen kan ge upphov till komplicerade transportkedjor, men om flera olika industrier samverkar i frågan för att skapa större volymer så kan gemensamma logistiklösningar nyttjas för effektivare återföring av näring. Ett exempel på sådan samverkan är genom att använda bioslam från ett massa-/pappersbruks vattenrening för hydrokolsproduktion, berika det med biobrännleaska samt kväve från reningsverk eller dylikt (Paper Province, 2022 c).

Utöver transportlösningar för råvaran krävs även välfungerande logistiklösningar för tunga internt transporter, där alla fordon som idag har dieselmotorer behöver bytas ut mot exempelvis eldrift. För internt transporter ställer driftmiljön helt andra krav än för vägtransporter, exempelvis vad gäller säkerhet, luftföroreningar och buller. Laddningsinfrastruktur på siten blir en viktig hörnsten i omställningen och kan även ge incitament till andra aktörer i klustret att ställa om till elektrifierade fordon. Framgent är autonoma fordon en relevant lösning för denna typ av kluster, för att underlätta logistik och planering på området.

En fördel som uppstår vid ett biokluster är möjligheten att dela personal och kompetenser, vilket har lyfts som en utmaning för Dalarnas län framåt under intervjustudien. Vissa av de produktionsprocesser som har presenterats i rapporten kräver inte driftspersonal dygnet runt, varpå det kan vara en stor fördel att hyra personal av varandra inom ett biokluster. Genom att etablera sig i ett biokluster på en redan befintlig industritomt kan arbetet med tillstånd kring el och vatten underlättas, vilket kan minska tröskeln för ett mindre förädlingsföretag att vilja etablera sig. För att dessa faktorer ska fungera väl krävs god kommunikation, tillit, reglerade avtal samt en vilja till samverkan och dialog, varpå regionen kan ha en viktig funktion i att samordna och hitta gemensamma samtalsplattformar för att föra samman olika aktörer. Välutvecklade avtal beskrivs under intervjuerna som en viktig framgångsfaktor vid industriell symbios, exempelvis att mottagaren av ett flöde blir garanterade en kvantifierad ström under en viss del av året. Parterna måste vara överens om volymer, kontinuitet och kvalitet för att samarbetet ska lyckas, samt för att våga satsa på en sådan lösning.

Genom att satsa på flera av ovan nämnda värdekedjor kan dessa ge synergieffekter till varandra. Exempelvis kan utökad biogasproduktion i länet skapa möjligheter för billigare och mer miljövänliga transporter, vilket kan leda till att transportsystemet för grot blir mer kostnadseffektiva varpå regional metanolproduktion blir mer lönsamt. Värdekedjorna kan komplettera varandra och tillsammans hantera en stor mängd olika biströmmar från det regionala skogs- och jordbruket.

I figuren nedan är viktiga framgångsfaktorer för etablering av biokluster och industriella symbioser sammanställda, där den hållbara affären är central.



Figur 5. Faktorer för industriell symbios och biokluster i Dalarnas län. Bilder: Pickit bildbank.

Framtida utveckling i Dalarnas län

Dalarna är ett län rikt på bioråvara från skogen och har goda förutsättningar för att bli ledande inom förädling av bioråvara. Det finns dock ett antal olika områden som behöver utvecklas för att Dalarna ska uppnå sin vision att bli en innovativ och hållbar bioekonomi som producerar förädlad skogsråvara i världsklass.

Regionala strategier för bioråvara

Länets aktörer och intressenter upplever idag att det finns en stark vilja och ett stort intresse för förädling av bioråvarans biströmmar, men önskar mer stöd från regionen vad gäller främjandet av innovation. Det finns en önskan om att kommunerna och regionen ska främja utvecklingen i länet samt värna om Dalarnas skogsbruk och grön innovation genom att skapa rätt förutsättningar för gröna värdekedjor. Exempelvis önskas en ståndpunkt och tydlig uttalad strategi som exempelvis säger att regionen främjar tillkomst av biobaserade värdekedjor från skogen, vilket skulle ge en tydligare kompassriktning för den industriella utvecklingen. En intervjuad aktör menar att denna utveckling behöver gå fortare än vad den gör idag, eftersom

biokluster kräver stort innovationsarbete och långsiktiga strategier. Exempelvis behöver regionen redan idag börja fundera på vilka behov som kommer finnas inom länet om 20 år och hur de ska uppfyllas. Det finns även vissa biströmmar av bioråvara som flera aktörer är intresserade av att vidareförädla eller använda för energiändamål, varpå det krävs en strategi om vilka resurser som ska användas vart och var varje flöde gör mest nytta för länets energi- och klimatomställning. För detta arbete kan regionen exempelvis ta inspiration från ekopyramiden och Fossilfritt Sveriges Biostrategi från 2021.

Länets aktörer önskar även en tydligare definition på vad hållbart skogsbruk innebär för Dalarna, eftersom en stor del av länets befolkning lever av skogen och dess råvaror. En definition och inriktning om framtidens skogsbruk i länet kan ha stor påverkan på råvaruförsörjningen och därmed även den industriella utvecklingen och behovet av arbetskraft.

En strategi för bioråvara påverkar även energiförsörjningen i länet. Idag används biflöden från skogsbruk främst som bränsle till värmeverk, men allteftersom flöden såsom grot, bark och spån vidareförädlas till mer högvärdiga produkter kommer dagens användning av bioenergi behöva ersättas med något annat. Därmed är det intressant att undersöka om dagens bioenergianvändning kan tillgodoses genom geotermisk energi och industriell spillvärme. Samtidigt kommer effektiviseringar inom industrin göra att storleken på restflöden kommer minska, exempelvis att mindre spillvärme kommer bli tillgänglig att dela med andra aktörer. Regionen och energibolagen behöver därmed fundera över hur energiförsörjningen och energimixen ska se ut till år 2030, år 2045 och framåt. Industrierna bör med fördel inkluderas i denna fråga för att diskutera hur balanserna för bioråvara och energiförsörjning kan lösas tillsammans då dessa kommer vara tätt sammankopplade. Exempelvis kommer elektrifiering inom industrierna minska trycket på bioråvara, samtidigt som de gröna kolatomerna förblir mycket viktiga inom exempelvis stålindustrin. Samtidigt som vidareförädling av bioråvara kan bidra till ökad cirkularitet, klimatsmarta produkter och effektiva försörjningssystem så är det viktigt att försörjningstrygghet i energisystemet inte kompromissas. Detta innebär att en viktig del i strategin kring länets bioråvara är att se hur användningen ska prioriteras och vilka energikällor som kan ersätta dagens biobränsleanvändning.

Regionala stöd och resurser

En förändrad inriktning inom länets industri kommer ställa nya krav på kompetenser och tillgänglig arbetskraft, varpå ett viktigt arbete för regionen framåt är att attrahera arbetskraft till regionen. Många av tidigare beskrivna värdekedjor ger helt nya affärsområden till företaget som antingen nyetablerar sig i länet eller till företaget som expanderar sin verksamhet. Nya affärsområden betyder nya kunder, marknader och tekniker, och således stora risker. Under intervjuerna lyfts att det behöver finnas kompetens för

att företag ska våga ta den risken. Arbetskraft är en viktig faktor för att Dalarnas län ska kunna utvecklas inom nya gröna förädlingskedjor, och därmed är det viktigt att såväl regionen som kommunerna arbetar för att bli attraktiva orter att vistas på så att många olika kompetenser lockas dit. Den industriella omställningen kräver mycket kompetens, inte minst inom automatisering, robotisering och digitalisering, varpå länet behöver kunna locka till sig kompetenser och arbetskraft med en stor bredd i mångfald, bakgrund och perspektiv. Inom detta område föreslås av länets aktörer att högskolan kan bli mer framstående inom området skogliga värdekedjor och biokluster, för att öka innovationsgraden, marknadsföra och locka till sig kompetenser samt att för att öka kunskapen inom länet. Ökad samverkan kring idéer och innovation, exempelvis genom plattformar som kan lyfta idéerna från idéstadium till försök minskar riskerna för företagen själva och ökar länets innovationsgrad.

För att stötta industrier och företag som eventuellt vill etablera sig i länet kan regionen stötta med mer resurser som kan driva frågan vidare. Intervjustudien visar på vikten att regionen har kunskap om och förstår industriernas behov för omställningen. Flera intressenter föreslår att regionen skulle kunna ha en resurs som projektleder, samordnar och håller ihop frågor inom industriell symbios. Detta är viktigt eftersom det krävs att någon sträcker ut en hand till industrierna och lyssnar på deras behov och utefter det kopplar ihop olika industrier och flöden. Länets industrier verkar generellt positiva till att samverka i frågan, men det krävs att någon tar övergripande ansvar och leder frågan. Dessa frågor har utvecklats i det Svenska Nätverket för Industriell och Urban Symbios, där bland annat Malmö stad har utvecklat sina arbetsätt att knyta samman offentliga och privata aktörer för att möjliggöra industriell symbios. Region Dalarna skulle kunna delfinansiera kartläggningar av flöden och arbeta med att knyta ihop flöden i länet. Genom att samverka i frågan och delfinansiera sådana studier minskar riskerna för de enskilda företagen.

Resurser hos regionen kan även stötta industrier genom att informera om vilka stöd som finns inom arbetet för klimat- och energiomställningen. Detta kan vara särskilt viktigt inom transport- och logistiklösningar då detta är en återkommande utmaning för länets industrier. Ytterligare stöttning kan ges genom att hjälpa industrier och företag som vill etablera sig i länet komma i kontakt med olika plattformar för innovationsstöd och affärscoachning, såsom Vinnova, IUC Dalarna, Forest Business accelerator, lokala CleanTech-organisationer och närliggande högskolors innovationsplattformar.

Det finns ett uppdämt behov av samverkansplattformar kring transport och logistiklösningar i länet, i synnerhet då flera av de intervjuade aktörerna beskriver transport- och logistikkedjor som deras största utmaningar i omställningen framåt. Detta är ett av områdena som är i fokus för Energiintelligent Dalarna, där en färdplan för fossilfria godstransporter tagits fram för länen Dalarna och Gävleborg. Frågor har väckts under

intervjustudien om det finns andra aktörer i länet som tittar på liknande framtida logistiklösningar och om det är möjligt med erfarenhetsutbyte i kluster, dela utvärderingar samt nyttja regionala resurser i form av projektledare eller samordnare som kan stötta i frågan.

Satsningar på hållbara regionala transport- och logistiklösningar

En av de faktorer som påverkar lönsamheten för flera av de tidigare nämnda värdekedjorna är de långa transportavstånd som användning av skogsråvara medför. Att flytta biomassa, exempelvis grot, är krävande på grund av stora volymer och bioråvaru- och bränslemarknaden är generellt sett väldigt lokal, på grund av priskänsligheten för långa transportavstånd. Detta innebär även att potentialerna till biströmmar från bioråvara är högst i områden utan industrier, där bioråvaran är mest outnyttjad. Vid ökad efterfrågan och behov av bioråvara kommer transportavstånden således behöva ökas, för att få tillgång till större volymer. Enligt vissa av länets aktörer behövs i vissa områden satsningar på infrastruktur för att logistiklösningarna ska bli kostnadseffektiva för industrierna. Sådana satsningar rör exempelvis upprustning av kapacitet och styrning, såväl som tillgänglighet och flexibilitet kring tågtransporter. Idag beskrivs transporter som en flaskhals i länet, som gör bioråvaruanvändningen mindre kostnadseffektiv och mindre miljövänlig. Att transportera en helt biogen och fossilfri produkt med en lastbil som drivs på fossila bränslen påverkar produktens slutgiltiga klimatpåverkan, varpå det finns goda incitament för industrierna att investera i andra transportsystem. Investeringskostnaderna för transport- och infrastruktur lösningar påverkar kostnaden för hela förädlingskedjan, från råvara till färdig produkt och påverkar den biogena produktens konkurrenskraft jämt mot en fossil motsvarighet. Genom att effektivisera logistikkedjorna och undersöka vilka synergieffekter som är tillgängliga kan kostnaderna minska och konkurrenskraften öka. Många olika alternativ till fossilfria transporter, gemensamma transporthubbar för skogsbränslen och bra järnväg anses vara nyckelfaktorer enligt regionens aktörer. Tågtransporter kommer vara ett särskilt viktigt transportslag att utveckla vidare i Dalarna, på grund av länets läge i inlandet utan hamnar och marin transport. Även delsträckor med helt elektrifierade fordon är en lösning som skulle kunna samordnas inom regionen. Transporthubbar för skogsbränslen har studerats av andra skogsrika kommuner, varpå kunskapsinsamling och regional samordning är möjligt (BioFuel Region, 2022b). Regionen och kommunen kan även arbeta med ökad samverkan med myndigheter och Trafikverket för att säkerställa hållbara transportlösningar för energi- och klimatomställningen.

Tillgänglig industriell mark och tillstånd

Kopplat till hållbara logistiklösningar är det viktigt att förädlingsindustrier ligger nära såväl råvaran som slutanvändaren samt gärna i tät anslutning till andra industrier för minskade infrastrukturkostnader. Detta ställer krav på kommunerna att kunna erbjuda sådan mark som tillgodoser dessa krav till så hög grad som möjligt. Att kommunerna säkerställer mark för industriell verksamhet och förbereder för etablering minskar tillståndsprocesserna, vilket i sig minskar industriernas risktagande då planering och finansiering av investeringen underlättas. Ett konkret exempel på hur detta kan genomföras är att undersöka vilken mark som har god tillgång/kort avstånd till processånga samt biologisk rening och därefter förbereda detaljplanen för industrimark. Vid detaljplanering är viktiga faktorer för ett biokluster närhet till goda förbindelser, tillgång till el, värme, vatten och få begränsningar vad gäller exempelvis byggnadshöjd. Kommunerna bör därmed tänka långsiktigt och strategisk samt agera proaktivt kring sin mark. Vid planering av industrimark kan kommunen resonera kring var industrin gör mest nytta och vilka närheter som kan ge synergier, vilket således kräver kompetens om industriernas verksamheter och behov. Genom att kommunerna har kunskap inom detta område kan de ha en aktiv roll i att förbereda och ge goda förutsättningar för etablering av biobaserade kluster, vilket skulle hjälpa regionen att nå sina visioner och mål.

Intervjuade aktörer beskriver även osäkerheten kring tiden det tar att få miljötillstånd som ett riskmoment vid investeringsprocesser. Eftersom miljötillståndsprocesserna skiljer sig i längd och företaget i fråga inte vet hur lång tid sin egen process kommer ta, skapar det osäkerheter när företaget kan gå vidare in i projekterings- och genomförandefaser. Flera aktörer önskar mer förutsägbara tillståndsprocesser för att frigöra tid för innovation, vilket skulle underlätta arbetet med att nå energi- och klimatmål. Tydligare samordning och kommunikation från myndigheterna kan underlätta processen, exempelvis genom att informera om hur lång tid det kommer ta att få tillståndet så att företaget kan planera sina resurser och investeringar. Kommunen kan i dessa processer stötta företaget som söker tillstånd genom kommunikation, information och proaktivt arbete med att förbereda inför kommande processer.

Politik och styrmedel

Vidare beskrevs under flera intervjuer att det idag råder en känsla av osäkerhet inom flera branscher gällande energi- och klimatomställningen framåt på grund av det politiska läget i Sverige. Flera deltagare i intervjustudien beskriver att flera viktiga styrmedel för omställningen har försvunnit under hösten/vintern 2022 vilket kan minska olika aktörers vilja och förmåga att satsa på gröna investeringar. Långsiktighet och tillförlitlighet till policys är en viktig faktor för framgång i många olika delar

av omställningen och därmed skulle utvecklingen i Dalarna gynnas av långsiktiga styrmedel som försäkrar industrin om långsiktiga driftstöd eller liknande.

Exempel på policys som de intervjuade aktörerna beskriver ha påverkan på investeringsvilja är exempelvis reduktionsplikten samt klassningen av grot i det uppdaterade förnybarhetsdirektivet. Eftersom biströmmar från industriella processer (såsom sågspån) och biströmmar från skogsbruk (såsom grot) klassas olika inom avancerade biobränslen finns risk att vissa flöden inte blir lika attraktiva att förädla framåt, vilket således påverkar utvecklingen i Dalarna.

En intervjuad aktör beskriver även behovet att få en tydlig strategi och direktiv från regeringen vad gäller produkter från skogen, exempelvis hur sågtimmer bäst ska användas i framtiden och hur vi ska skapa största möjliga värde av varje stock inklusive dess biströmmar. Genom en tydligare riktning framåt hade det varit enklare att fatta beslut om hur biströmmar ska nyttjas på en mer lokal nivå.



Figur 6. Viktiga områden för regionen att arbeta med framåt, för att främja hållbar användning av bioråvara, utveckling av biokluster och stödja bioinnovation. Bilder: Pickit bildbank.

Slutsats

Det finns viktiga drivkrafter som möjliggör utökad innovation och nya förädlingskedjor av biströmmar från bioråvara i Dalarnas län. Att bygga upp en cirkulär ekonomi med biokluster där bioråvaran förädlas till högre värde ställer krav på många olika faktorer, exempelvis närhet till råvara, kompetens, energiflöden och olika faciliteter. Även om detta är en stor utmaning skapar arbetet även stora möjligheter och en plattform för ökad innovation. Det finns stort engagemang i regionen för att lyckas med denna målbild och en strävan att samverka mer genom industriell symbios. Genom att öka värdet på länets bioråvara och förse olika branscher med en källa till gröna kolatomer kan regionen minska sitt koldioxidavtryck och accelerera energi- och klimatomställningen.

Relevanta förädlingstekniker för Dalarnas län är exempelvis biokol, hydrokol, etanol, metanol, biogas och olika typer av biooljor. Tillsammans kan dessa produkter förädla en stor mängd av de tillgängliga biströmmar från bioråvara som finns i Dalarnas län, samtidigt som de kan ersätta och tränga ut fossila produkter och energilag i länet. Ett exempel på substituering skulle kunna vara att elda hydrokol för att frigöra sågspån till andra förädlingskedjor. Föreslagna förädlingskedjor bidrar till en stor mängd positiva synergier och samverkansmöjligheter i länet. Ett par av de centrala utmaningar som Dalarna står inför är att:

- Skapa hållbara och effektiva logistik- och transportsystem, vilka idag beskrivs vara en flaskhals som gör bioråvaruanvändningen mindre kostnadseffektiv och mindre miljövänlig,
- Säkerställa tillgängliga volymer av bioråvara vilket innebär prioritering och substituering av länets biobaserade tillgångar,
- Säkerställa tillgängliga industritomter med tillhörande faciliteter såsom el, värme, vatten, reningsteknik med mera,
- Underlätta tillståndsprocesser genom att förbereda mark för industriell användning och avsättning av samordningsresurser,
- Matcha tillgänglig teknik för förädling med tillgängliga resursflöden samt med marknad och efterfrågan,
- Skapa förutsättningar för mötesplatser, samverkansplattformar och därmed underlätta arbetet med industriell symbios,
- Skapa och kommunicera ut tydligare strategier för länets bioråvara, energisystem och för hållbart skogsbruk i Dalarna,
- Bidra med regionala resurser och finansiering för att få ökat driv i frågor kring industriell symbios, gröna värdekedjor och biokluster,
- samt säkerställa framtida kompetens, innovation och teknikutveckling i länet.

Genom att arbeta med ovanstående frågor kan Dalarnas län uppnå en balans för bioråvara och bioenergi där resurserna används hållbart men effektivt,

vilket i sin tur ökar länets innovationsgrad och möjlighet att nå uppsatta energi- och klimatmål.

Källförteckning

Avfall Sverige. 2018. *Marknaden för biokol i Sverige. Rapport 2018:14*. ISSN 1103-4092.

BigAkwa. u/å. *Home*. Hämtad från <https://www.bigakwa.com/> 2022-11-29

Bioeconomy Regions in Scandinavia. u/å. *Om Bioeconomy Regions in Scandinavia*. Hämtad från <https://bioeconomyregion.com/om-oss/> 2022-11-10

BioFuel Region. 2022 a. *Bio4Metals – Biokol hett i norr*. Hämtad från <https://biofuelregion.se/projekt/bio4metals-gront-kol/> 2022-11-29

BioFuel Region. 2022 b. *Kort om projektet BioHub*. Hämtad från <https://biofuelregion.se/projekt/biohub/english-om-biohub-projektet/> 2022-11-29

Bio Innovation. 2019. *Slutrapport - BioLi2.0 - Från lignin till biobaserade drivmedel och kemikalier*. Hämtad från <https://www.bioinnovation.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2016/09/slutrapport-bioli20-bioinnovation.pdf> 2022-11-10

Bio Innovation. 2020. *Nya möjligheter att omvandla skogs- och jordbruksrester till värdefull bioolja*. Hämtad från <https://www.bioinnovation.se/nyheter/nya-mojligheter-att-omvandla-skogs-och-jordbruksrester-till-vardefull-bioolja/> 2022-12-07

Botnia Bioindustries Cluster. u/å. *Torrefierad GROT som ersättningsmaterial för torv och biokol*. Hämtad från <https://www.bobic.se/projekt/torrefierad-grot-som-ersattningsmaterial-for-torv-och-biokol/> 2022-11-10

Börjesson. 2021 a. *Rapport nr 122. Länsvis tillgång på skogsbiomassa för svensk biodrivmedels- och bioflygbränsleproduktion*. Hämtad från https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/99780286/B_rjesson_P._2021._Rapport_nr_122_Milj_och_energisystem_LundsUniversitet.pdf 2022-08-29

Cewatech. u/å. *About Cewatech*. Hämtad från <http://www.cewatech.se/> 2022-11-10

Egnell, Gustaf. 2013. *Skogsskötselserien nr 17, Skogsbränsle*. Skogsstyrelsen. Hämtad från <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-17-skogsbransle.pdf> 2022-09-16

Eklund, Mats. 2022. *Mailkontakt och textbaserat opublicerat material*.

Energiforsk. 2017. *Bio- och produktgas i massa och pappersbruk*. Rapport 2017:426. ISBN 978-91-7673-426-1

- Energigas Sverige. 2022. *Förgasning av biomassa*. Hämtad från <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/forgasning-av-biomassa/> 2022-11-10
- Energimyndigheten. 2018. *Trädbränsle och torvpriser för tredje kvartalet 2018*. Hämtad från <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2018/tradbransle-och-torvpriser-for-tredje-kvartalet-2018/> 2022-09-08
- Fossilfritt Sverige. 2021. *Biostrategi – Strategi för fossilfri konkurrenskraft bioenergi och bioråvara i industrins omställning*.
- Händelö Eco-Industrial Park. *HEIP*. u/å. Hämtad från <https://heip.se/> 2022-11-10
- IVA. 2017. *Nya biobaserade material från skogen*. IVA-M: 484. ISBN: 978-91-7082-958-1
- IVL. 2019. *Tillgång på skogsråvara – sammanfattning och scenarier*. Rapport NrC466. Hämtad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1549538/FULLTEXT01.pdf> 2022-09-06
- Kalundborg Symbiosis. 2022. *Kalundborg Symbiosis*. Hämtad från <http://www.symbiosis.dk/en/> 2022-11-15
- Lignin Industries. u/å. *Refines forest lignin to bioplastics*. Hämtad från <https://www.lignin.se/> 2022-12-07
- Länsstyrelsen i Dalarnas län. 2021 a. *Dalarnas regionala skogsprogram*. Rapport 2021:04. ISSN: 1654-7691.
- Naturvårdsverket. u/å. *Biokol är en viktig resurs för omställning*. Hämtad från <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/klimatklivet/biokol-ar-en-viktig-resurs-for-omstallning/> 2022-11-17
- NE. u/å a. *Lignin*. Hämtad från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/lignin> 2022-11-10
- NE. u/å b. *Tallolja*. Hämtad från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/tallolja> 2022-11-10
- Paper Province. 2022. *We Offer*. Hämtad från <https://paperprovince.com/en/we-offer/> 2022-11-10
- Paper Province. 2022 b. *NärSkog*. Hämtad från <https://paperprovince.com/projekt/narskog/> 2022-11-17
- Paper Province. 2022 c. *Industriernas slam blir till växtnäring*. Hämtad från <https://paperprovince.com/industriernas-slam-blir-till-vaxtnaring/> 2022-11-29

Paulsson & Andersson. 1998. *En kartläggning av nya material inom trämanufakturindustrin. Förstudie: Träskivor*. Arbetslivsinstitutet Rapport 1998:19. ISSN 1401-2928.

RISE. u/å a. *Bothnia Bioindustries Cluster*. Hämtad från <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/natverk/bobic> 2022-11-10

RISE. u/å b. *Jordbruksbaserat bioraffinaderi*. Hämtad från <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/jordbruksbaserat-bioraffinaderi> 2022-11-10

RISE. 2017. *Unik kracker för utveckling av gröna flytande drivmedel invigd*. Hämtad från <https://www.ri.se/sv/press/unik-kracker-for-utveckling-av-grona-flytande-drivmedel-invigd> 2022-11-10

RISE. 2018 a. *Viktigt genombrott för fossilfritt bränsle*. Hämtad från <https://www.ri.se/sv/berattelser/viktigt-genombrott-for-fossilfritt-bransle> 2022-11-10

RISE. 2018 b. *Pyrolysoljeproduktion i BOBIC:s värdekedja*. Hämtad från https://www.ri.se/sites/default/files/2019-02/Rapport%20Pyrolysoljeproduktion%20i%20BOBICs%20v%C3%A4rdekedja_0.pdf 2022-11-10

RISE. 2020. *Nya tekniker ger nya möjligheter att ta hand om restflöden*. Hämtad från <https://www.ri.se/sv/berattelser/nya-tekniker-ger-nya-mojligheter-att-ta-hand-om-restfloden> 2022-11-10

RISE. 2021. *Nedbrytningsförsök av torrefierad GROT och biokol*. RISE Rapport 2021:48. ISBN 978-91-89385-38-2.

RISE. 2022 a. *FISK – slutrapport*. Hämtad från https://www.ri.se/sites/default/files/2022-10/FISK-projektrapport_FINAL%20VERSION.pdf 2022-11-17

RISE 2022 b. *Så får vi mer värde från våra bioråvaror*. Hämtad från <https://www.ri.se/sv/berattelser/sa-far-vi-mer-varde-fran-vara-bioravaror> 2022-11-21

Sekab. 2022. *Etanol som råvara*. Hämtad från <https://www.sekab.com/sv/etanol-som-ravara/> 2022-11-10

Setra Group. 2017. *Fyll tanken med bioolja från skogen*. Hämtad från <https://www.setragroup.com/sv/pyrocell/aktuellt-om-pyrocell/fyll-tanken-med-bio-olja-fran-skogen/> 2022-12-07

Skogsindustrierna. u/å. *Biodrivmedel från skogen behövs för att klara målen*. Hämtad från <https://www.skogsindustrierna.se/bioekonomi/hur-vi-reser-och-transporterar/biodrivmedel-fran-skogen-behovs-for-att-klara-malen/> 2022-12-08

- Skogsstyrelsen. 2015. *Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2013 – SKA15*. Hämtad från <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/statistik/skoglga-konsekvensanalyser/rundvirkes--och-skogsbranslebalanser-for-ar-2013-ska-meddelande-3-2015.pdf> 2022-09-05
- SLU. u.å. *Pågående Forskning*. Hämtad från https://www.slu.se/institutioner/skogens-biomaterial-teknologi/forskning_in/forskningsprojekt-vid-sbt/ 2022-11-10
- Sotenäs kommun symbioscentrum. 2022. *Symbiosutveckling*. Hämtad från <http://www.symbioscentrum.se/symbiosutveckling.4.1f39350415fe315b1ac103cc.html> 2022-11-10
- Stockholms universitet. *Ligninbaserat material kan ersätta fossil plast och lim*. <https://www.su.se/nyheter/ligninbaserat-material-kan-ers%C3%A4tta-fossil-plast-och-lim-1.584750> 2022-12-07
- Sustainable Steel Region. u.å. *Industriregionen*. Hämtad från <https://www.sustainablesteelregion.se/sv-SE/om-oss/industriregionen-45185375> 2022-11-10
- Svensk Plattform för Industriell och Urban Symbios. u.å. *Samarbete för ökad resursproduktivitet och miljöinnovation*. Hämtad från <https://industrialsymbiosis.se/about.html> 2022-12-09
- Svenskt vatten, 2021. *Biokol från HTC: Karakterisering, avsättning och Revaq-cert*. Hämtad från <https://www.svensktvatten.se/forskning/sa-jobbar-vi-med-forskning-svu/pagaende-svu-projekt2/biokol-fran-htc-karakteRISering-avsattning-och-revaq-cert/> 2022-11-17
- Svensson, M. 2014. *Improved utilization of waste resources from the pulp and paper mill Nordic Paper Bäckhammar and isolation of local freshwater microalgae species*. Hämtad från <https://odr.chalmers.se/items/80621487-0c66-4962-9b33-a602bbe8300b> 2022-11-29
- Södra. u.å. *Nytt bränsle åt framtidstankarna*. Hämtad från <https://www.sodra.com/sv/se/bioprodukter/biometanol/> 2022-12-08
- Umeå Universitet. 2015. *Grönare framtid med svarta pellets?* Hämtad från https://www.umu.se/nyheter/gronare-framtid-med-svarta-pellets_5821074/ 2022-12-06
- Värmlandsmetanol. 2006. *Om Värmlandsmetanol*. Hämtad från <https://www.varmlandsmetanol.se/> 2022-11-10

Appendix

Intervjustudie

Nedan är exempel på områden som diskuterades under intervjuerna:

- Vilka behov av bioråvara och bioenergi har ni?
- Finns det biobaserade produkter eller bioenergislag som är särskilt viktiga för er omställning?
- Vilka behov av bioråvara ser ni framåt och hur kan regionen stötta inom frågan?
- Finns det bioråvaror från Dalarnas län som ni är intresserade av att förädla? Hur passar er teknik in med tillgängliga resurser i Dalarnas län?
- Vilken är marknaden för slutprodukterna av förädlingen?
- Finns det särskilda värdekedjor från bioråvara som ni ser är extra viktiga för Dalarnas län framåt?
- Arbetar ni med industriell symbios idag och i så fall hur?
- Finns det flöden ni har överskott eller underskott av, och skulle vilja samverka kring?
- Hur ser ni att regionen kan utvecklas inom industriell symbios?
- Finns det andra regionala insatser som är viktiga för att accelerera klimat- och energiarbetet kopplat till bioråvaror?
- Vad krävs för att Dalarna ska vara en intressant region att etablera sig inom?
- Vilka möjligheter och hinder ser du för utveckling av värdekedjor från bioråvara i Dalarnas län?

Intervjustudien tog plats under november 2022 och genomfördes digitalt via teams samt via telefon.

Deltagare intervjustudie visas i tabellen nedan.

Tabell 2. Deltagare i intervjustudien.

Företag/organisation	Område	Kontaktperson
SSAB	Regional industri	Anna Adolfsson Tomas Hirsch
Bergkvist Siljan	Regional industri	Jörgen Hermansson
Stora Enso Fors	Regional industri	Magnus Larsson
SEKAB	Teknikföretag grön förädling	Jonas Carlsson

Företag/organisation	Område	Kontaktperson
C-Green	Teknikföretag grön förädling	Peter Axegård
Big Akwa	Teknikföretag grön förädling	Elena Petukhovskaya
Biototal	Teknikföretag grön förädling	Emma Johansson
IUC Dalarna	Övergripande cirkulär ekonomi	Thomas Bajer
Paper Province	Övergripande cirkulär ekonomi	Magnus Persson
Sustainable Steel Region	Övergripande cirkulär ekonomi	Nicklas Tarantino
Botnia Bioindustries Cluster	Övergripande cirkulär ekonomi	Ulf Westerberg
RISE	Övergripande cirkulär ekonomi	Anneli Sundman Helena Näsström



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN