



Vätgas som alternativ för skogsindustrins transporter

– en jämförande studie (H2Timmer)

Anders Lundblad, Axel Nordin Fördös, Karin Nilsson (RISE, Div. Säkerhet och Transport, Energiomvandling)

Karin Pettersson, Lovisa Axelsson (RISE, Div. Samhällsbyggnad, Energi och miljösystemanalys)

Johan Ahlström (RISE, Div. Bioekonomi och hälsa, Process- och systemanalys)

Detta förstudieprojekt har undersökt vätgas som alternativ för skogsindustrins transporter. Hela värdekedjan, inklusive produktion, komprimering, lagring, och användning inkluderas i analysen som beaktar kostnader, energieffektivitet och växthusgasutsläpp ur ett "well-to wheel"-perspektiv. Projektet har genomförts av RISE tillsammans med följande företag och organisationer: Sveaskog, SmurfitKappa, Metsä Group, Holmen, StoraEnso, BillerudKorsnäs, AB Volvo, Volvo Penta, Volvo CE, Nilsson Energy, Euromekanik, Energiforsk, Skogsindustrierna.

Exekutiv sammanfattning

Inledning

Enligt klimatlagen ska Sverige inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser senast år 2045. Som etappmål på vägen dit ska växthusgasutsläppen från inrikes transporter, som idag står för 30 % av Sveriges växthusgasutsläpp, minska med 70 % senast år 2030 jämfört med utsläppsnivån år 2010 (Sveriges Miljömål, 2021) Skogsindustrin står för ca 17 % av Sveriges transporterade gods på väg mätt i vikt (Skogsindustrierna, 2021) och står inför utmaningar i att göra sina transporter fossilfria.

Det finns flera potentiella alternativ för att minska utsläppen från tunga transporter. Förutom att byta till andra transportslag (järnväg och sjöfart) finns ett antal drivmedelsalternativ för vägtransport, vilka alla har sina för- och nackdelar. Biodrivmedel har nackdelen att biomassaressursen är begränsad och kanske inte räcker till för transportbehovet. Eldrivna lastbilar med batterier leder till begränsad lastkapacitet eller räckvidd på grund av batteriernas lägre energidensitet. Vätgasdrivna bränslecellslastbilar är ett intressant alternativ som kan ge fossilfri transport om vätgasen produceras på ett förnyelsebart sätt. Vätgas har bland annat lyfts upp av EU-kommissionen och i Sverige har två vätgasstrategier under 2021 föreslagit kraftigt ökad vätgasproduktion (exempel: 5 GW 2030 och 15 GW 2045). Vätgas kan framställas från "grön" el via elektrolys, men även från biomassa.

Detta förstudieprojekt syftar till att utvärdera vätgas som alternativ för skogsindustrins transporter. Studien beaktar hur vätgasproduktion, lagring och tankning behöver utformas och dimensioneras, men även en analys av kostnader, energieffektivitet och växthusgasutsläpp från källa-till-hjul (well-to-wheel, WtW) ingår. Jämförelse görs med andra möjliga alternativ för att ställa om transporterna till fossilfrihet i form av batterielektrifiering och biodrivmedel (biometan (LBG) och HVO100). Studien är fokuserad på virkestransporter och timmerlastbilar men inkluderar även kortare genomgång av möjlig vätgasanvändning för interna transporter (gaffeltruckar, timmermaskiner, etc.) samt skogsmaskiner.

Bakgrund

Biodrivmedel spelar en nyckelroll för att nå 2030-målet och riksdagen har beslutat om en reduktionsplikt som innebär en successivt ökad inblandning av biodrivmedel i diesel och bensen. Utöver reduktionsplikten, är rena eller höginblandade drivmedel skattebefriade, vilket också syftar till att öka andelen förnybart och därmed minska utsläppen inom transportsektorn.

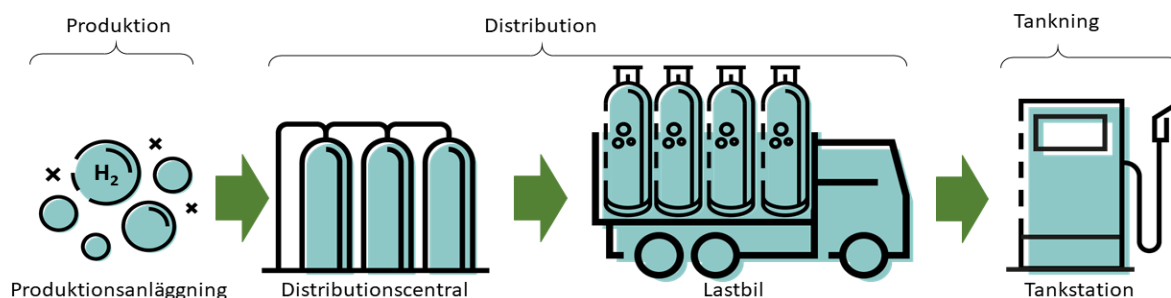
De senaste åren har det skett en kraftig utveckling avseende elektrifiering med batterier i Sverige, framför allt avseende personbilssegmentet, men även för lätta lastbilar och bussar. Antalet tunga lastbilar som är laddbara är dock fortfarande relativt få (69 st jämfört med drygt 8000 laddbara lätta lastbilar i november 2021 enligt Elbilstatistik.se). Ett alternativ till elektrifiering via batterier är elektrifiering via elektrolysbaserad vätgas som används i ett bränslecellsfordon, vilket är fokus i föreliggande studie.

Virkestransporter utförda med lastbil är nödvändiga för att transportera det avverkade virket (timmer, massaved eller primärt skogsbränsle) från skogen till avlämnings- och mottagningsplatser. Mottagningsplatser är typiskt massabruk, pappersbruk, sågverk, omlastningsplatser eller kraftvärmeverk. Timmerlastbilar kör relativt korta distanser, men med flera sträckor per dag blir den dagliga körsträckan ändå lång. Vätgas kan även användas till skogsmaskiner och interna transporter på bruken.

Vätgas kan produceras genom att spjälka vatten till syrgas och vätgas i en elektrolyscell där el används för att driva reaktionen. Den syrgas som bildas kan användas för blekning och vattenrening vid massabruk. Det finns huvudsakligen tre elektrolystekniker; alkalisk elektrolys (AEC), polymerelektrolys (PEMEC) och högttemperaturelektrolys (SOEC), där det framför allt är de två förstnämnda som används kommersiellt (IEA, 2019). Elektrolysören kräver eltillförsel och kan med fördel integreras med industrier som har elöverskott. Elektrolysörer kan också bidra med flexibilitet i form av regler- och balanskraft till elnätet.

För tillverkning av vätgas från biomassa är termokemiska processer (förgasning och pyrolys) i nuläget att föredra. Dels för att de når höga omvandlingsgrader och låga produktionskostnader, dels för att de har hög teknisk mognad.

Från en central produktionsanläggning kan vätgas distribueras i gasform som trycksatt vätgas (GH_2) eller som flytande väte (LH_2) till tankstationerna. Tankning med vätgas kan ske på flera sätt med trycksatt vätgas vid 350 eller 700 bar, med flytande väte eller med kryo-komprimerad gas. I detta arbete har 700 bar använts då det erbjuder bäst energidensitet i förhållande till sin tekniska mognadsgrad. Vätgastankstationer med ett s.k. kaskad-lager är vanligt förekommande. Kaskad-lagret består av flera behållare som arbetar vid olika höga tryck, upp till 1000 bar. Genom övertryck färdas vätgasen från kaskad-lagret till fordonet vid påfyllning. I figur E1 illustreras logistikkedjan för distribution av vätgas.



Figur E1. Logistikedja för distribution av vätgas.

I detta projekt jämför vi vätgas med de studerade alternativen från projektet ”Accelererad omställning till fossilfria transporter i skogssektorn” (Olsson et al, 2021). Där har tre olika alternativ för fossilfria lastbilstransporter inom skogsindustrin utvärderats: HVO100, flytande biogas (LBG) och elektrifiering via batterier.

Genomförande och metod

Elektrolysörer och annan utrustning som behövs för ett vätgasbaserat transportalternativ finns i princip att tillgå idag, men projektets utmaning har varit att utvärdera hur komponenter ska dimensioneras och hur deras kostnadsutveckling ser ut när försäljningen accelererar. För att utvärdera och dimensionera vätgasalternativet på ett mer realistiskt sätt har projektgruppen valt att använda ett specifikt bruk, Holmen Braviken i Östergötland, och dess relaterade transporter som fallstudie. Vätgastankstationen har således dimensionerats för att möta transportbehovet av virke vilket motsvarar 15 timmerlastbilar och 1200 kg vätgas per dag.

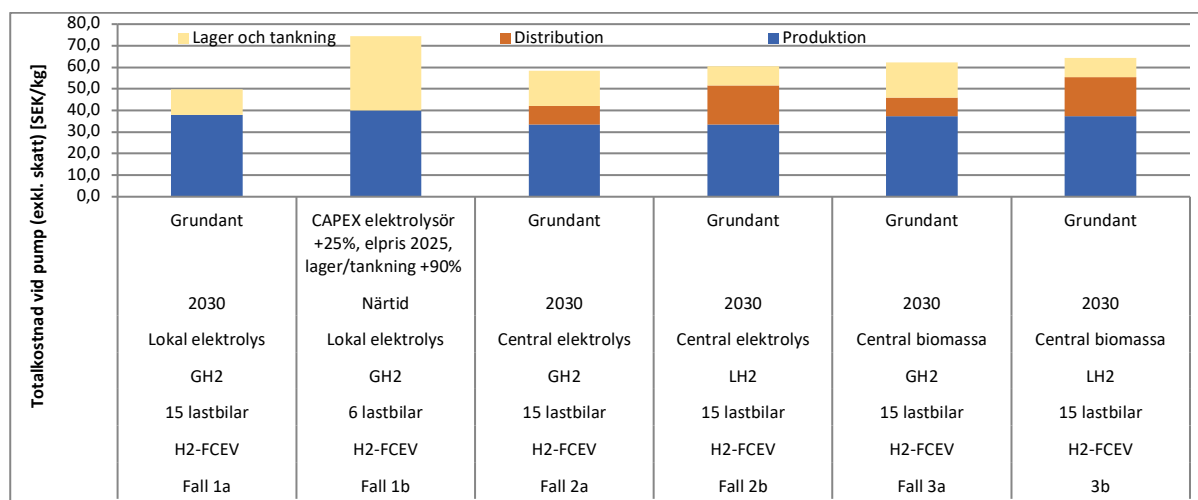
Utifrån detta grundantagande har ett antal fall år 2030 studerats: Fall 1a: vätgasen produceras lokalt via elektrolys (3,2 MW_{el}, 1200 kg H₂/dag), (Fall 1b: pilot i närtid), Fall 2a och 2b: vätgas produceras på en central anläggning via elektrolys i mycket stor skala (192 MW_{el}, 72 000 kg H₂/dag) och distribueras till Braviken (såväl som andra användare) i gasform eller som flytande väte, Fall 3a och 3b: vätgas produceras genom biomassaförgasning (72 000 kg H₂/dag) och distribueras i gasform eller som flytande väte. Som grundantagande har en elkostnad på 0,521 SEK/kWh använts och det har antagits att priset för PEM-elektrolys (som är den valda teknologin) kommer att sjunka till 10,5 kSEK/kW (1000 EUR/kW). Vätgastankstationens kostnad är stor och beroende av vilken tankningskapacitet och lagring som krävs. Priset för bränslecellsdrivna timmerlastbilar har 2030 antagits vara drygt dubbelt så hög som för dieselfordon (2,6 MSEK mot 1,2 MSEK).

Kostnader för hela värdekedjan inklusive produktion, distribution, lager, tankning, och fordon har summerats och analyserats ur ett WtW-perspektiv. Även energieffektivitet och klimatnytta har analyserats ur ett WtW-perspektiv. Analysen har fokus på år 2030, men genom känslighetsanalyser för ett antal parametrar kan även vissa slutsatser dras om år 2045.

Vätgas har inom ramen för studien jämförts med andra alternativ för fossilfria transporter baserade huvudsakligen på bearbetade indata från Olsson et al. (2021): Fall 4: Batterielektrifiering (BEV) där den konventionella drivlinan byts ut mot en eldrivlina och batterier som tillsammans väger lika mycket. Detta möjliggör samma lastmängd, men leder till en begränsad räckvidd på ca 140 km och ett behov av att ladda flera gånger under dagen, Fall 5: Flytande biometan (LBG) som produceras via förgasning av biomassa, varav Braviken använder en andel för att möta behovet till 15 timmerlastbilar (LBG-fordon), Fall 6: HVO100 köps in/tankas likt fossil diesel i konventionella dieselfordon, samt referensfallet med konventionell dieseldrift.

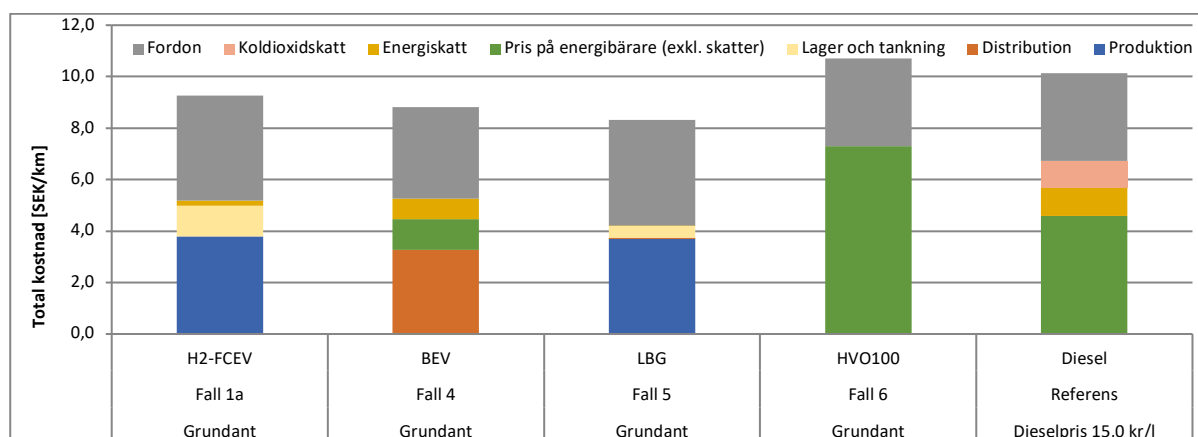
Resultat

Vätgaskostnad vid tankstationens pump år 2030 redovisas i Figur E2. Kostnaden är uppdelad i produktion, distribution, samt lager och tankning. Produktionskostnaden för vätgas sjunker något vid centraliserad elektrolys på grund av skalfördelar, men distributionskostnaden (där även komprimering eller förvätskning ingår) leder till att lokal elektrolys ger den lägsta vätgaskostnaden vid pump (ca 50 SEK/kg). Produktionskostnaden är till stor del (ca 60 %) beroende av det rörliga elpriset. Tillgång till överskottsel och avsättning för syrgas skulle göra att den kan sänkas med ungefär 30 % för det lokala fallet.



Figur E2. Totalkostnader för vätgas vid pump (exkl. skatter) för de studerade vätgasfallen.

I Figur E3 nedan visas totalkostnaden från WtW per kilometer år 2030 för vätgasdrift (Fall 1a) i jämförelse med andra studerade alternativ. Jämförelsen visar att vätgasdrift ger en lägre totalkostnad än diesel vid ett dieselpreis på 15 SEK/l exkl. moms, men batteridrift (BEV) och flytande biometan (LBG) ger ännu lägre kostnad. Kostnadsskillnaderna är mindre än 20 % mellan alternativen, förutom HVO vars bränslepris är högre än diesel. En stor post i BEV-kostnaden är distribution som inkluderar infrastrukturkostnader för batteriladdning.



Figur E3. Totalkostnad från WtW för alla de studerade alternativen för fossilfria transporter i jämförelse med diesel (exklusive förarkostnaden).

Diskussion och slutsatser (inklusive nyttiggörande)

Syftet med den här studien var att kvalitativt beskriva hur ett framtida, vätgasbaserat, transportsystem kan se ut för svenska skogsindustrier med fokus på timmertransporter, samt att kvantitativt uppskatta främst kostnader, men även energieffektivitet och växthusgasutsläpp, associerade med ett sådant system och jämföra med andra teknikalternativ. Projektet, med sina månatliga seminarier har ökat förståelsen hos svensk skogsindustri för vätgasproduktion och dess användning inom skogstransporter. Denna kunskapsökning innebär ett första steg för skogsindustrin att börja använda vätgas, men uppföljning i form av projekteringsprojekt och demonstrationer (först mindre) är nödvändiga för att visa hur vätgasen och dess installationer ska hanteras i praktiken.

Följande slutsatser kan dras från projektet:

- Utrustning för vätgasproduktion finns idag och dess kostnad förväntas sjunka kraftigt till 2030.
- Snabb tankning vid 700 bar för lastbilar finns ej idag men är under utveckling.
- Större bränslecellsdragbilar för 60 ton blir tillgängliga först efter 2025.
- Osäkerheter finns kring produktionskostnad år 2030, men lokal produktion ger lägre vätgaskostnad än centraliserad pga. undvikna distributionskostnader, särskilt om producerad syrgas kan nyttiggöras.

Jämförelse mellan alternativ:

- Centraliserad produktion av flytande biometan (LBG), kan vara billigaste alternativet, men är beroende av biomassapriset.
- Batteridrift (BEV) är billigare än vätgas, särskilt om skatteregler förändras. Kostnaden för laddinfrastruktur avgörande för kostnadsbilden.
- Vätgasdrift kan vara konkurrenskraftigt om elkostnaden inte är för hög och syrgas kan nyttiggöras.
- Vätgasdrift ger snabbare tankning och längre körsträcka än batteridrift. Detta ger större flexibilitet för åkaren.

Referenser

Elbilstatistik.se, (2021-12-14). [Elbilsstatistik](#),

IEA. (2019). *The Future of Hydrogen*. IEA. Hämtat från: https://iea.blob.core.windows.net/assets/9e3a3493-b9a6-4b7d-b499-7ca48e357561/The_Future_of_Hydrogen.pdf.

Olsson, O., Gong, J., Xylia, M., Nykvist, B., Andersson, G., & Gustavsson, O. (2021). *Accelererad omställning till fossilfria transporter i skogssektorn*. f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Sweden.

Skogsindustrierna. 2021. "Transport Och Infrastruktur." (2021). <https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/branschstatistik/transport-och-infrastruktur/>.

Sveriges Miljömål. (2021, 12 15). *Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter*. Hämtat från Sveriges Miljömål: <https://sverigemiljomal.se/etappmalen/utslapp-av-vaxthusgaser-fran-inrikes-transporter/>.