

Slutrapport för ETT-projektet 2017–2020

The ETT Project 2017-2020: Final Report



FOTO: EMIL PETTERSSON/VOLVO

Summary

High Capacity Transports (HCT) refer to vehicles with greater capacity, which can transport more cargo per vehicle than those used today. Use of these types of vehicles increases both utilisation of existing infrastructure and energy efficiency per transported cargo unit.

The first ETT project was initiated as early as 2006. The focus then was on reducing the environmental impact of forestry, by transporting more wood on the trucks, thereby reducing wear on the roads and reducing environmental load. The ETT Project 2017-2020 was the fourth period of the ETT project, and also the first in which shorter HCT vehicles could be driven on certain public roads without requiring a special dispensation permit. The Swedish Transport Administration started to open up a limited road network for HCT vehicles with a gross weight of up to 74 tonnes.

However, the end of the project does not mean the end of the challenges. Much remains to be done to improve the economic aspects for hauliers and transport buyers, and to enable the use of even longer HCT vehicles (>25.25 m) without special dispensation.

Much of the work in the project period 2017-2020 concerned road network issues and implementation of HCT in the transport system.



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

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts den 26 mars 2021 av Gert Andersson, Programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering den 16 april 2021.

Redaktör: Anna Franck, anna@annafranck.se
©Skogforsk 2021 ISSN 1404-305X

Förord

Sedan 2007 har Skogforsk tillsammans med myndigheter, fordonstillverkare och näringsliv undersökt effekterna av att använda längre och tyngre lastbilar i skogs-näringen. Projektet kallades ursprungligen för ETT (En Trave Till). Parallellt, som ett dotterprojekt, initierades ST-projektet (Större travar). ETT-projektet har således pågått under 14 år uppdelat i fyra projektperioder.

Projektet har i sin helhet varit lyckosamt med bred uppslutning från transportköpare, transportutförare, tillverkare, myndigheter och forskare. Att alla jobbat mot ett gemensamt mål har varit den största framgångsfaktorn. Det har i sin tur gett ett brett genomslag där projektet fått många försöksfordon i drift över hela landet. Genomslaget har i sin tur lett till att vi bidragit till att regeringen infört den nya bärighetsklassen BK4. Utan ETT-projektets insats hade vi inte kommit dit vi är i dag.

Denna slutrapport är den fjärde i ordningen, där den första kom 2012. Denna rapport fokuserar primärt på det som skett i projektet under den senaste fyraårsperioden (2017–2020) men information från de övriga projektperioderna finns att ladda ner från Skogforsks webbplats (Fogdestam & Löfroth 2015, Asmoarp m.fl. 2018, Löfroth & Svensson 2012).

Uppsala i april 2021
Henrik von Hofsten
Projektledare

Innehåll

Summary	2
Förord	3
Sammanfattning	5
Inledning, bakgrund och allmän beskrivning av HCT och projekten	6
Projektmål och organisation	10
Verksamheten 2017–2020	12
Energieffektiva transporter (fordonståg upp till 25,25 meter men tyngre än 64 ton)	12
BK4-vägnätets betydelse för de skogliga transportererna	15
Lastvikt och lastvolym	16
Ett på riktigt (fordonståg längre än 25,25 meter oavsett vikt)	17
HCT-korridorer för längre och tyngre fordonståg	17
ETT-flis, 98 ton	18
Specifika projekt och projektfordon	18
Bränsleförbrukning	18
ETT-aero2	19
ETT-push	21
Optimerade transmissionslösningar	21
Kommunikationsinsatser	22
2017	23
2018	23
2019	23
2020	24
Fortsatta utvecklingsbehov	24
Referenser	25

Sammanfattning

High Capacity Transports (HCT) avser fordon med högre kapacitet, som kan ta mer gods per fordon, än vad som används idag. Sådana fordon innebär att befintlig infrastruktur bättre utnyttjas och energieffektiviteten per transporterad godsenshet ökar.

Redan 2006 initierades det första ETT-projektet med inriktningen att minska skogsbrukets miljöavtryck genom att ta mer virke på lastbilarna. Även slitaget på vägarna förväntades minska, i och med att det totala antalet virkesfordon på vägarna skulle bli färre. Projekt ETT 2017–2020 var den fjärde perioden för ETT-projektet och samtidigt den första där kortare HCT-fordon kunnat köras på vissa allmänna vägar utan behov av särskilda dispenser. Detta berodde på att Trafikverket börjat öppna upp ett begränsat vägnät för HCT-fordon med upp till och med 74 tons bruttovikt. Men utmaningarna tar inte slut med det utan det finns mycket kvar att göra för att förbättra ekonomin för transportörer och transportköpare samt att få även längre HCT-fordon (> 25,25 m) tillåtna utan dispenser.

Projektperioden 2017–2020 har handlat mycket om just vägnätsfrågor och implementering av HCT i transportsystemet.

Inledning, bakgrund och beskrivning av HCT och ETT-projekten

Transportsektorn står sedan flera år inför en stor utmaning i att minska energianvändningen och begränsa klimatpåverkan på grund av koldioxidutsläpp och övriga emissioner. Transportsystemet ligger i detta avseende efter övriga samhällssektorer. Även om potentialen för att begränsa koldioxidutsläppen genom överflyttning mellan olika trafikslag är betydande, är potentialen för en effektivisering inom trafikslagen betydligt större. Detta då effektivisering inom trafikslag är väsentligt billigare än omfattande förändringar av ett annat trafikslags infrastruktur för att möjliggöra överflyttningar. Den offentliga infrastrukturen är redan idag hårt belastad. Situationen kommer att förvärras ytterligare om de prognoser för trafikefterfrågan som bland annat [långtidsutredningen](#) pekar ut kommer att slå in. Vägtransportsystemet har, jämfört med exempelvis järnvägssystemet, få kapacitetsbegränsningar.

High Capacity Transports (HCT) avser fordon med högre kapacitet, som kan ta mer gods per fordon, än vad som tillåts idag. Sådana fordon innebär att befintlig infrastruktur bättre tas tillvara vilket också minskar behovet av investeringar i ny infrastruktur vilket väl överensstämmer med [Trafikverkets fyrstegsprincip](#). Kortfattat innebär fyrstegsprincipen att säkerställa en god resurshushållning och att åtgärder ska bidra till en hållbar samhällsutveckling. Varje enskilt steg i fyrstegsprincipen täcker in olika aspekter och skeenden i utvecklingen av transporter och infrastruktur. De fyra stegen är:

1. Tänka om
2. Optimera
3. Bygga om och
4. Bygga nytt.

HCT adresserar främst de två första punkterna. HCT innebär också produktivitetsökningar, en lägre energianvändning och lägre utsläpp för det utförda transportarbetet. Ytterligare en fördel med mer gods per fordon är att färre fordon behövs för transportarbetet, vilket leder till färre fordon på vägarna som kan bli inblandade i trafikolyckor (Sjögren & Kyster-Hansen 2013, Asp m.fl. 2019).

Skogforsk tog år 2006 fram en vision om hur bränsleförbrukningen, och därmed emissionerna, inom skogsbruket skulle kunna minska. Ett av förslagen var att lasta en trave till på alla virkesfordon för att därigenom öka lastmängden och minska antalet enskilda transporter. Projektet startade genom att representanter från Trafikverket, Skogsindustrierna, Sveriges Åkeriföretag och Skogforsk genomförde en studieresa till Australien och Nya Zeeland för att inhämta kunskap och inspiration. Den 1 januari 2009 startades det första fordonet i *ETT-projektet*, där ETT står för just *En Trave Till*. Detta första ETT-fordon var knappt 30 meter långt och lastade fyra travar virke till en bruttovikt om 90 ton. Bara lastvikten om ca 65 ton var mer än den lovliga bruttovikten för den tidens timmerfordon. Helt i enlighet med teorin visade det sig att ETT-fordonet drog 15–20 procent mindre bränsle per tonkilometer (transportarbete), vilket också innebär en reduktion av utsläpp i motsvarande grad.



Figur 1. Schematisk bild av det första ETT-fordonet.

Några månader efter att ETT-fordonet startats påbörjades ett parallellt försök med tre högre travar inom gängse fordonslängd, 25,25 meter. Idén var att montera två extra axlar, en på lastbilen och en på släpet. Därmed kunde man lasta 8–9 ton mer än de då tillåtna 60 tonnen och nå en bruttovikt på 74 ton utan att för den skull öka axelbelastningarna. Dessa fordonskombinationer kom att kallas ST-fordon, där ST står för Större travar. Även dessa fordon drog mindre bränsle, 8–12 procent, jämfört med de vanliga 60-tonnarna (Löfroth & Svensson 2012, Asmoarp m.fl. 2018).



Figur 2. Schematisk bild av det första ST-fordonet.

Ett samlingsnamn för båda projekten blev *ETT - Modulsystem för skogstransporter*. För projektet har lastbärarmodulerna dolly, link och trailer från EMS (European Modular System) använts, vilka utgör standardiserade enheter för lastbärare (Anon, 2018).

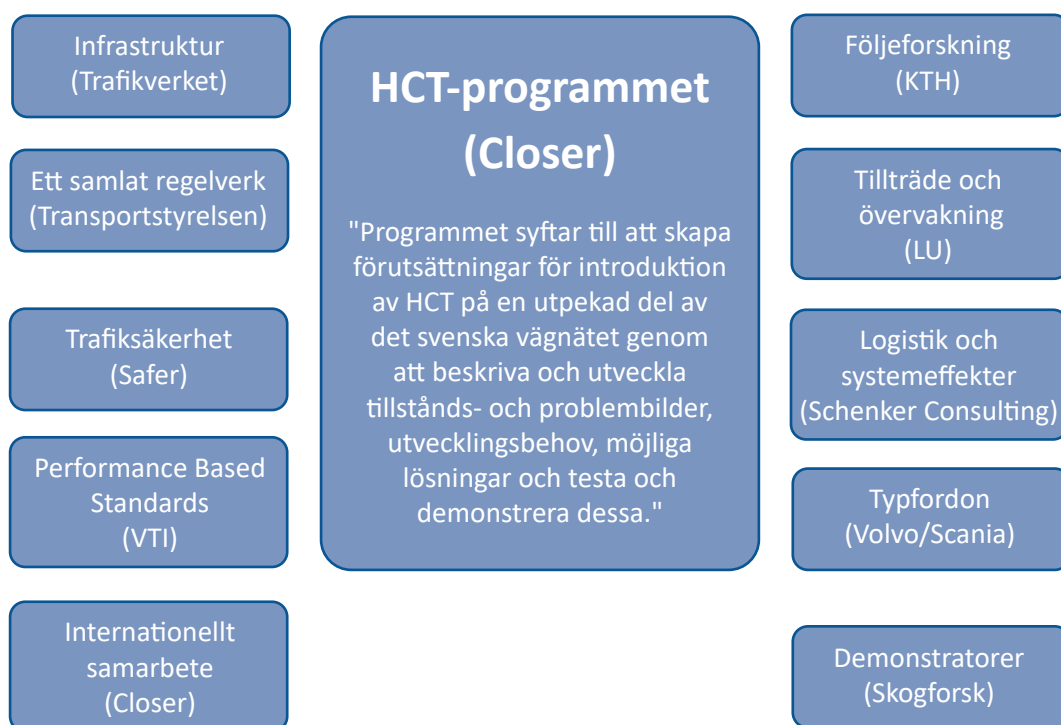
Den genomgående idén var hela tiden att få med sig mer last per vända och därmed minska bränsleförbrukningen per transporterat ton – utan att skada vägar och annan infrastruktur. För att klara detta förseddes fordonskombinationerna med extra axlar så att ingen enskild axel eller axelgrupp överskred vad som är tillåtet enligt trafikförordningens kapitel 4, 12 §. Däremot krävdes en del föreskrifter, undantag och tillstånd (här sammanfattade som *Dispenser*) från Transportstyrelsen, Trafikverket, kommuner och, i vissa fall, länsstyrelser. Dispenserna avser i första hand tillstånd för fordonslängd (ETT-fordonet), bruttovikt (både ST- och ETT-fordonen) samt tillstånd att trafikera en utpekad del av det allmänna vägnätet med dessa fordonskombinationer.

Resultaten från försöken med skogsfordonen var så lovande att Trafikverket 2011 tog initiativet att dra igång ett nationellt HCT-program. Forskningsorganisationen CLOSER fick uppdraget att leda programmet i samarbete med forskningsutförare från Väg- och Transportforskningsinstitutet ([VTI](#)), [SAFER](#), [CLOSER](#), Kungliga Tekniska Högskolan ([KTH](#)), Lunds Universitet ([LU](#)), [Schenker Consulting](#), [Volvo lastvagnar](#), [Scania](#) och [Skogforsk](#). Även Trafikverket och Transportstyrelsen har deltagit i vissa delar.

Det nationella HCT-programmet öppnade för fler varugrupper att pröva HCT och därmed fler fordonskonfigurationer. I början av 2019 fanns ett sextiotal demonstrationsfordon (testfordon) i drift varav 23 ingick i det ovan beskrivna ETT-projektet. Utöver demonstrationsfordonen i drift har 18 fordon pensionerats och ersatts under utvecklingens gång. Totalt antal testade fordon är således minst 68 stycken varav endast ett har skrotats på grund av haveri i samband med en singelolycka.

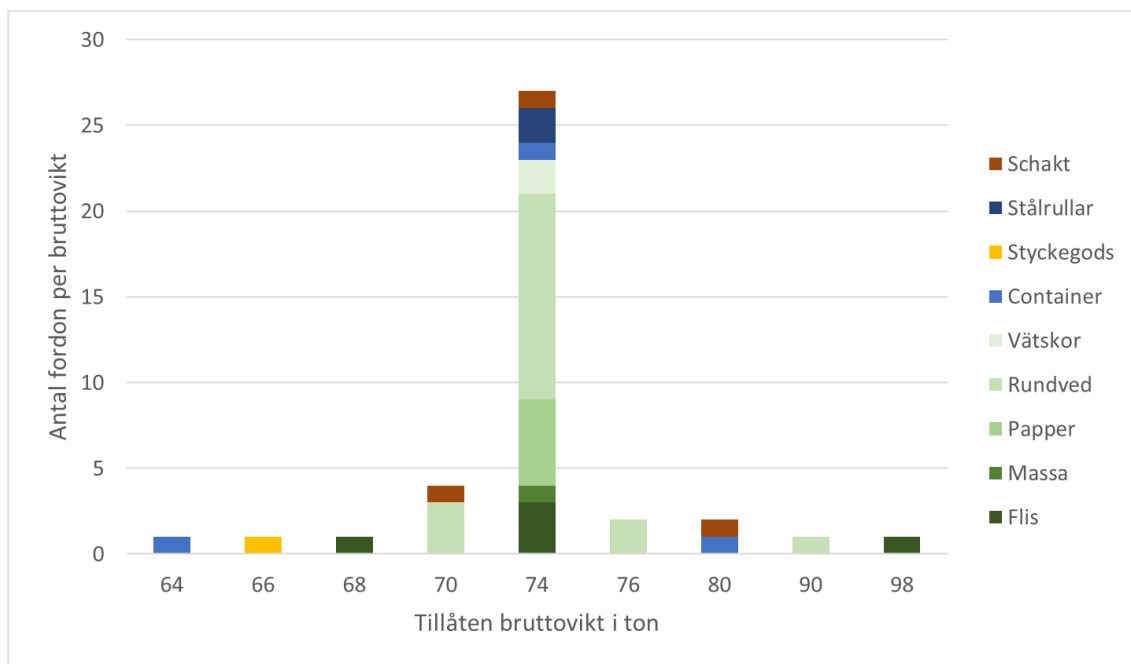
Det nationella HCT-programmet innehåller tio arbetspaket (Figur 3) omfattande de flesta aspekter av införande av HCT. Mycket av de forskningsresultat som kommit fram sedan 2011 redovisas i komprimerad form i de två dokumenten *Färdplan HCT* som tagits fram 2013 respektive 2018 (Sjögren & Kyster-Hansen 2013, Asp m.fl. 2019).

Föreliggande rapport fokuserar på ETT-projektet, det vill säga de skogliga fordonskombinationerna inom arbetspaketet *Demonstratorer* i det nationella HCT-programmet.



Figur 3. Organisationsstruktur för det nationella HCT-programmet.

Sedan BK4 (74-tons bruttovikt) implementerades i den svenska trafiklagstiftningen 2018 har vi i ETT-projektet inte längre full kontroll på antalet HCT-fordon som är mindre än 74 ton. Figur 4 visar antalet kända HCT-fordon i det nationella HCT-programmet som körs med olika tillstånd eller har BK4-vägnät, fördelat på viktklass och godsslag.



Figur 4. Antal kända och aktiva HCT-fordon per bruttoviktklass och godsslag, totalt 40 stycken.

Som framgår av Figur 4 har skogsnäringen (de gröna nyanserna) en klar majoritet av de HCT-fordon som rullar idag, och då inte bara med råvara som timmer och massaved, utan även en del färdigvara samt skogsbränslen. I det här sammanhanget har även två fordon som transporterar diverse vätskor till och från massabruk i Mälardalen räknats in till de skogliga. De två 64–66 tonsfordonen transporterar lättgods men är ca 30 meter långa, därav kommer de med i denna sammanställning.

Projektmål och organisation

Projektperioden 2017–2020 var den fjärde i ETT-projektets historia. Projektmål och organisation har under hela tiden varit i princip densamma även om en del personer bytts ut i styrgruppen under resans gång, se de tidigare projektperiodernas slutrapporter (Löfroth & Svensson 2012, Fogdestam & Löfroth 2015, Asmoarp m.fl. 2018). Målet med projektet har ända sedan starten 2009 varit att samla kunskap och erfarenhet om användning av längre och/eller tyngre fordon inom skogsbruket.

Inför projektperioden 2017–2020 formulerades följande målsättningar:

- Att sprida kunskap om, och skapa acceptans för användningen av HCT-fordon hos en bredare allmänhet samt till myndigheter och politiker.
- Att med hjälp av HCT-fordon skapa mer miljövänliga, kostnadseffektiva och säkra transporter.
- Föreslå logistiksystem och tekniska lösningar för att praktiskt möjliggöra hållbar användning av HCT-fordon (> 74 ton och > 25,25 m).
- Stödja implementeringen av HCT-fordon (≤ 74 ton och $\leq 25,25$ m) så att nyttan för skogsbruket blir så stor som möjligt.

Styrgruppens sammansättning har varierat något under perioden vilket framgår av Tabell 1 nedan där namn inom parentes ersatts under projektperioden.

Tabell 1. Ledamöter och finansiärer i ETT-projektet till vänster och adjungerade ledamöter till höger. Namn inom parentes har ersatts under projektperioden.

Ledamöter & finansiärer	Adjungerade
Jörgen Olofsson, Stora Enso Ordförande	Thomas Asp, Trafikverket
Henrik von Hofsten, Skogforsk Sekreterare och projektledare	Pär Ekström, Transportstyrelsen
Mikael Sundelin, SCA (Lars Nölander)	Göran Lingström, Scania
Anders Järlesjö, Sveaskog	Lennart Cider, Volvo
Anna Ahlgren, Billerud Korsnäs (John Samuelsson)	Göran Danielsson, Sveriges åkeriföretag (Ulric Långberg)
Jonas Eriksson, Holmen (Johanna Sahlén)	Mikael Näslund, Riksförbundet enskilda vägar
Henrik Rosenlund, Södra skogsägarna (Martin Ejermark, Åsa Forss)	Magnus Thor, Skogforsk Daniel Noreland (Gunnar Svenson, Johanna Enström, Victor Asmoarp)
Olle Ankarling, Söderenergi	
Karolina Boholm, Skogsindustrierna (Karin Tormalm)	

Finansieringen har skett genom att bolagsfinansiärerna bidragit med sammanlagt 725 000 kr per år och Skogforsk med 400 000 ur sina rammedel per år. Därutöver har några av projektfordonen haft separat finansiering från främst Trafikverket, Vinnova och FFI (Fordonsstrategisk Forskning och Innovation).

Inför denna projektperiod delades projektet upp i fyra arbetspaket (AP) med var sin AP-ledare. Arbetspaketet *Projektledning* och *Projektfordon* leddes av Henrik von Hofsten, medan *ETT på riktigt* (långa fordon) leddes av Johanna Enström och *Energieffektiva transporter* (74 ton) leddes av Victor Asmoarp. Delvis på grund av förändringar i bemanningen, delvis på grund av ändrade regelverk omorganiserades projektet under 2019 och Henrik von Hofsten tog över hela projektstyrningen.

Verksamheten 2017–2020

Den senaste projektperioden har genomsyrats mer av implementering än av FoU då det gäller HCT. En del forskningsprojekt har naturligtvis genomförts och redovisas nedan, men mycket fokus har legat på att få ut HCT-fordonen på bred front samt att på alla sätt bistå i arbetet med att öka tillgången på vägnät som inte kräver särskilda dispenser. Mycket arbete har också lagts på olika analyser av för- och nackdelar med HCT, analyser som kan tyckas borde ha gjorts förr, men då hade vi inte det underlag vi har idag. Därvid kan konstateras att HCT är fördelaktigt med avseende på minskad bränsleförbrukning och minskade emissioner, men det är inte alltid lika självklart att HCT är ekonomiskt mer gynnsamt. Se vidare nedan där de olika studierna och rapporterna diskuteras summariskt med referenser till respektive publikation.

ENERGIEFFEKTIVA TRANSPORTER

(Fordonståg upp till 25,25 meter, men tyngre än 64 ton)

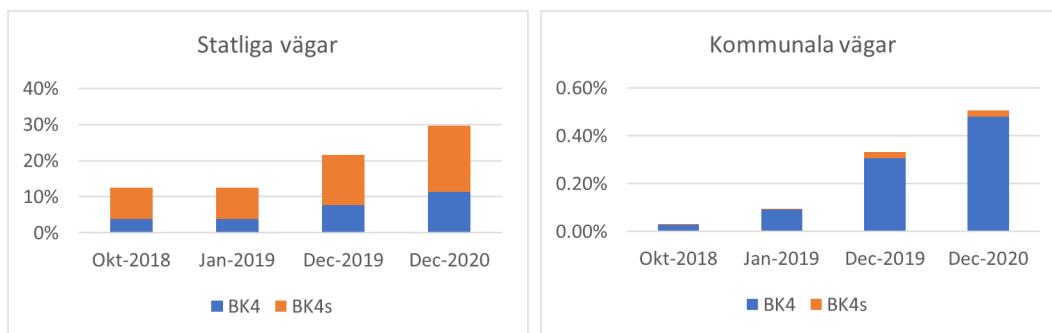
Den 1 april 2018 implementerades den nya bärighetsklassen, BK4, på ett litet utpekad vägnät som sedan har utökats i flera steg. BK4 innebär i korthet att maximal bruttovikt får uppgå till 74 ton, jämfört med 64 ton på BK1-vägar. Axel- och axelgruppsbelastningar får däremot inte bli högre än tidigare, vilket innebär att de fordon som lastas till 74 ton behöver två extra axlar. Se exempelvis (von Hofsten 2019) eller (von Hofsten & Funck 2015).

I samband med att regeringen beslutade om BK4 fick Trafikverket mandat att kräva särskilda villkor för BK4 på vissa vägar. Villkoret är att om fordonstågets bruttovikt överstiger 64 ton ska minst 65 procent av släpvagnens eller släpvagnarnas sammanlagda bruttovikt belasta axlar försedda med dubbelmonterade hjul.

Vägar med särskilda villkor benämns fortsättningsvis BK4s.

Från ETT-projektets sida har arbetet med ett utökat BK4-vägnät följts noggrant med bland annat ett flertal detaljstudier av vägnätets omfattning relativt skogsbrukets behov, men även vad avser flaskhalsar, det vill säga kortare vägsträckor som inte uppgraderats till BK4 och därmed skapar onödiga hinder för transporterna. Vanliga sådana är exempelvis av- och påfartsramper till en motorväg där såväl motorvägen som den korsande vägen är BK4 men inte av- och påfarterna. I några fall kan man köra på och av åt ena hållet men inte åt det andra. Alla sådana flaskhalsar har sammanställts och tillsänts Trafikverket. I många fall har vägnätet justerats i enlighet med våra påpekanden men inte alltid. Ofta rör det sig då om att flaskhalsen beror på en bro eller liknande vägavsnitt som inte anses hålla för den ökade belastningen.

En annan vanlig orsak är att Trafikverket bara har rådighet över de statliga vägarna. De kommunala vägarna är det kommunerna som bestämmer över. Därmed är det inte sällsynt att sista biten in mot en industri eller terminal inte uppgraderats till BK4, eftersom kommunerna saknat tillräckliga beslutsunderlag.



Figur 5. Andelen vägsträcka av det tunga vägnätet (BK1, BK4 och BK4s) som är uppgraderad till BK4. Statliga vägar till vänster och kommunala till höger. Observera skillnaden i skala mellan de statliga och kommunala vägarna. BK4s är BK4 ned särskilda villkor, det vill säga dubbelmonterade hjul.

Som framgår av Figur 5, var ökningen i tillgängligt BK4-vägnät väldigt låg under 2018 och första halvan av 2019, sedan började det lossna och vid slutet av 2020 var 29,6 procent av det statliga tunga vägnätet BK4. Tyvärr har ca $\frac{2}{3}$ av vägnätet klassats för BK4s (med särskilda villkor). Det gör att det blir i princip omöjligt att utnyttja möjligheten att köra fordonståg med hög andel singelmonterade hjul, eftersom det är så svårt att hitta rutter som medger enbart BK4. Något som i sin tur leder till något ökad bränsleförbrukning och därmed ökade emissioner.

På den kommunala sidan kan det se ut som att ökningstakten i tillgängligt vägnät varit betydligt snabbare, men observera då att skalan på Y-axlarna skiljer sig kraftigt. Vid utgången av 2020 var 0,51 procent av det kommunala vägnätet för tunga fordon upplåtet för BK4, vilket kan verka förfärande lite. Men en närmare analys av de data som ligger till grund för det så kallade Blodomloppet (Asmoarp m.fl. 2020) visar att skogsbruket bara använder ca 1,85 procent av det kommunala vägnätet. Det i sin tur innebär att vid utgången av 2020 var 27,4 procent av behovet av kommunala vägar täckt – bara något mindre än för det statliga vägnätet (von Hofsten & Davidsson 2020). Men faktum kvarstår. De kommunala vägarna är oerhört viktiga för helheten. En transport på 150 kilometer längs statliga BK4-vägar kan spricka helt på grund av 150 meter kommunal väg på slutet.

Fram till 2029 räknar Trafikverket med att 70–80 procent av de viktigaste statliga vägarna är klassade som BK4 eller BK4s motsvarande 62,8 procent av hela det tunga vägnätet (BK1, BK4 och BK4s). Målsättningen är att i framtiden upplåta hela BK1-vägnätet för BK4 (Natanaelsson & Eriksson, 2020). Om den tidsplanen kommer att hålla är oklart. I de flesta av Trafikverkets regioner arbetas det bra för att öppna upp vägnätet, men i ett par regioner finns bara någon enstaka kilometer upplåten. Organisationer som Skogsindustrierna och Sveriges åkeriföretag efterfrågar att utbyggnaden är klar till 2025.

För den framtida utvecklingen av det kommunala BK4-vägnätet finns ingen uttalad plan, utan varje kommun hanterar frågan utifrån sina egna behov och möjligheter. Tyvärr har det gjort att det är stora skillnader mellan kommunerna, där vissa varit väldigt aktiva medan andra inte ens har börjat.

Figur 6 visar just ett sådant fall där E18 passerar Örebro och en sträcka mellan två trafikplatser inte klassats upp till BK4. Orsaken ska vara en bro över en cykelled som inte anses tåla belastningen. Eftersom det heller inte finns någon alternativ väg förbi luckan i BK4-vägnätet leder det lätt till problem och misstag. I kartan ser man också ett annat vanligt problem där den rosa BK4s-vägen når stadsgränsen och vägnätet blir kommunalt. Då upphör BK4s och vägen blir BK1 utan möjlighet att komma vidare.

14

BK4-vägnätets betydelse för de skogliga transporterna

En diskussion som förts, såväl inom ETT-projektet som i det nationella HCT-projektet, är hur omfattande ett BK4-vägnät behöver vara för att bli ekonomiskt intressant. Till stor del beror det naturligtvis på vilket gods vi pratar om, där skogsbruket torde ställa bland de högsta kraven.

De godsslag som har mest nytta av BK4 är de med höga volymvikter såsom grus och schaktmassor, anläggning, metaller och malm, vätskor samt rundvirke. Till skillnad mot de andra godsslagen pågår skogsbruk överallt i landet utom i fjällen. Det finns således behov av BK4-vägnät även långt ut i det ”kapillära” vägnätet, ett vägnät vars konstruktion och underhållsstatus ofta inte möter behovet redan som det är. Inom arbetspaketet *Energieffektiva transporter* har det gjorts ett flertal analyser av denna fråga utifrån skogsbrukets perspektiv.

I ett examensarbete, handlett av Skogforsk, kunde man konstatera att ett begränsat BK4-vägnät många gånger kan vara direkt kontraproduktivt relativt miljöfrågan (Näslund 2017). Störst problem blir det när det inte finns BK4-vägar längs hela den tilltänkta transportsträckan. Men även när det finns heltäckande sträckor måste det finnas tillräckligt många sådana stråk för att det ska gå att få ekonomi på ett 74-tonsekipage som betjänar ett visst geografiskt område.. Liknande resultat framkommer vid en studie av olika axelkonfigurationer och därmed vidhängande bruttovikter. Fordon med 74 tons bruttovikt kräver att minst hälften av transporterna på årsbasis kan ske på BK4-vägar i sin helhet för att det ska vara ekonomiskt intressant med 74 ton (Asmoarp & von Hofsten 2019). Dessa resultat styrks också av en uppföljande studie av Asmoarps arbete där man studerade de ekonomiska effekterna av BK4-fordon i allmänhet – även vägnätsfrågan. Det kunde då återigen konstateras att minst 50 procent av transporterna måste gå att köra på BK4 för att nå *break even* vid användande av nioaxliga 74-tonsfordon (Noreland 2020). Förhållandet är även giltigt för åttaaxliga 70-tonsfordon. De behöver också en hög andel BK4 för att den högre investeringen ska bära sig. Till det kommer att 74-tonnarna i många fall visat sig ha för liten volym för att nå sin fulla potential.

Orsakerna till att BK4-vägnätet är så pass begränsat är i grunden ekonomiska. Stora delar av dagens BK1-vägar är byggda efter äldre standarder då de maximala bruttovikterna var från 40 upp till 60 ton. Dessa vägar anses inte kunna klassas upp till BK4 utan viss upprustning av vägar och broar först. I många fall kan vägavsnittet förstärkas med ganska enkla medel men i andra fall krävs större åtgärder. En del av problemet ligger i att på ett snabbt och ekonomiskt sätt identifiera vilka sträckor det rör sig om, samt att skaffa sig en bild av hur stort slitaget egentligen blir med tyngre fordon. Även denna fråga har studerats i ett par pilotprojekt finansierade av Trafikverket, InfraSweden2030, SCA och Sveaskog. Fortfarande saknas konkreta resultat, men studier pågår och väntas publiceras under 2021. (Enström m.fl. 2017, Davidsson & Bergqvist 2018, Natanaelsson & Eriksson 2020).

Kopplat till frågan om vägnätets konstruktion och belastningstålighet är även linjeföring och vägbredd kontra större fordon. Eftersom 74-tonnarna inte är vare sig bredare eller längre, bara något högre, är det ingen större skillnad på fordonstågens ”smidighet” längs vägarna. Från chaufförerna har det till och med sagts att 74-tonnarna ofta är smidigare på grund av något annorlunda placerade axlar, vilket i sin tur leder till att släpfordonen inte genar lika mycket vid skarp kurvtagning (Asmoarp & von Hofsten 2017, von Hofsten 2019). För längre fordonståg blir det naturligtvis annorlunda, men även där tyder de initiala försöken på att det går bra att ta sig fram på skogsvägnätet så länge vägarna är byggda enligt de rekommendationer som finns, framför allt vad avser breddning i kurvorna.

Lastvikt och lastvolym

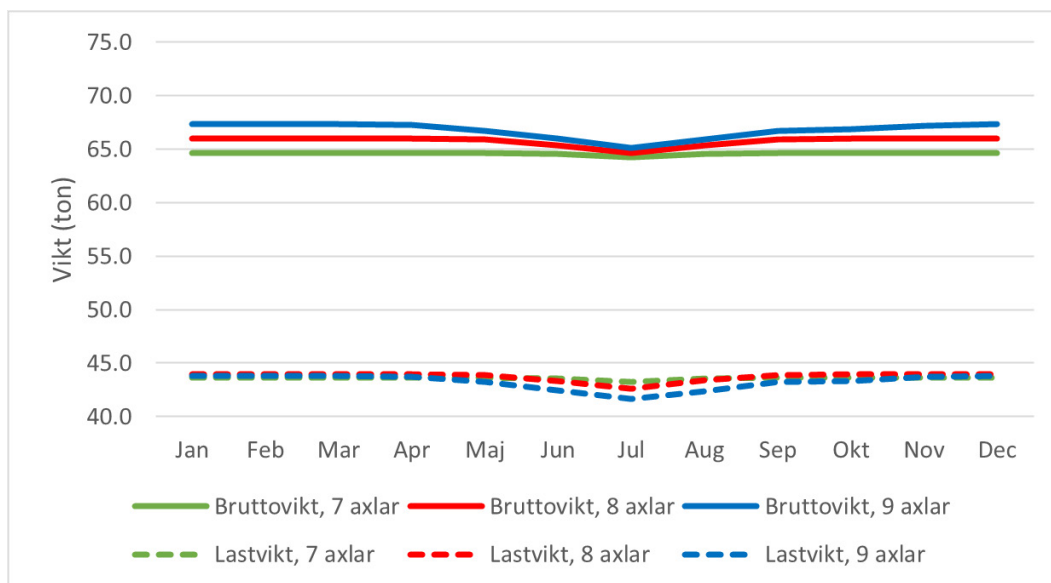
En sak som kom upp ganska tidigt i ETT-projektets historia, och då särskilt gällande 74-tonsfordonen, var frågan om lastvikt kontra volym. Flera åkare upplevde att de fick svårt att nå full lastvikt på sina fordon då den tillgängliga volymen var för liten. Problemets storlek varierar med årstid och sortiment men något förenklat kan man säga att krokig lövmassaved på sommaren är allt annat än optimalt medan grovt timmer, helst tall, kan fungera bra hela året. Anledningen är att krokig ved är svår att lasta utan att det blir mycket luft i lasset. Ju grövre, rakare och tyngre veden är desto lättare är det att få med sig full vikt. Även fukthalten spelar roll.

I ett försök att komma runt problemet byggdes ett virkesfordon efter lite andra principer än den vanliga lastbilen med vagn. Istället tog man en dragbil som förseddes med en lång link samt semitrailer vilka bar två travar var. Genom att dragbilen fick en kort hytt skulle man kunna lasta fyra travar utan att överskrida den maximala längden om 25,25 meter (Björheden m.fl. 2018). Försöket föll ganska väl ut men det visade sig svårt att hålla maxlängden på grund av enstaka allt för långa stockar. Däremot var det inga problem att upprätthålla full lastvikt över hela året. Redan i förstudien till detta projekt noterades att en minskning av virkets maxlängd till strax under fem meter avsevärt skulle förenkla lastningen och höja lastvikten (von Hofsten & Arlinger, 2017). I en senare studie, utförd utanför ETT-projektet, kunde man belägga detta även i ekonomiska termer (Holappa Jonsson m.fl. 2019). Författarna konstaterar att det skulle gå att redan i skördardatorns apteringsoptimering lägga in transportkostnad och avstånd som styrande parametrar och därmed öka de totala intäkterna något genom att sänka transportkostnaden.



Figur 7. Försök med ett virkesfordon för fyra travar inom 25,25 meter. Foto: Henrik von Hofsten

Ett annat sätt att angripa frågeställningen är att titta på om virkesfordonen kan optimeras på något sätt. Att öka yttermåttarna är knappast görligt då det skulle leda till omfattande juridiska komplikationer. Och att sänka lastgolvet ger andra problem med dålig frigångshöjd och små hjul. I en simuleringsstudie där vi jämförde tre olika fordonskonfigurationer med 7, 8 respektive 9 axlar (motsvarande 66, 70 respektive 74 ton på BK4-väg) med avseende på beräknad lastmängd och tillgång till BK4-vägar, kunde vi se att det sjuaxliga fordonet hade minst problem med låga lastvikter sett över året men transporterade också minst virkesmängd (Asmoarp & von Hofsten, 2019). I studien jämfördes de tre fordonstyperna på 33, 67 och 100 procents tillgång till BK4-väg på årsbasis. Bäst föll den åttaaxliga fordonskombinationen ut där svackan i lastvikt under sommaren inte blir så djup eller långvarig. Men förhållandet kommer att ändras till 74-tonnarnas fördel i takt med att BK4-vägnätet byggs ut.



Figur 8. Exempel på beräknad last- och bruttovikt för tre olika typer av virkesfordon med fast monterad kran som månadsmedelvärden över ett år. Det sjuaxliga fordonet (grön) blir nästan aldrig volymbegränsat. Exemplet avser Götaland där vi antagit att 33 procent av transporterna kan köras på BK4-vägar. Från Asmoarp & von Hofsten 2019.

I ett examensarbete har vi också undersökt möjligheterna att öka lastvikterna genom att lägga lite mer tid på att lasta noggrant. Indikationer från Finland antyder att så skulle kunna vara fallet (Boberg 2019). Resultaten från examensarbetet pekar dock inte på någon påvisbar effekt, möjligen beroende på ett allt för litet material med endast ett fordon och två chaufförer, totalt 22 lass.

ETT PÅ RIKTIGT (Fordonståg länge än 25,25 meter oavsett vikt)

HCT-korridorer för längre och tyngre fordonståg

I ett examensarbete som initierats av ETT-projektet på Skogforsk har en metod för att identifiera potentiella HCT-korridorer för rundvirkestransport med 90-tonsfordon utvecklats. En HCT-korridor är i detta fall en specifik transportsträcka där allt virke kan transporteras på 90-tonsfordon. Det kan exempelvis vara en sträcka mellan terminal och industri. I studien ingick även att uppskatta miljömässiga och ekonomiska potentialer jämfört med konventionella 74-tonsfordon. I studien användes data från faktiska rundvirkestransporter under 2016 tillsammans med den skogliga svenska vägdatabasen (SNVDB) för att identifiera korridorer.

Resultaten visade att det finns potential att anlägga 25 HCT-korridorer med totalt 20 stycken 90-tonsfordon som kan frakta 2,5 miljoner ton rundvirke och därigenom spara 5 500 ton CO₂-utsläpp och 3,1 miljoner euro i bränslekostnader (Höök, 2019). Arbetet har publicerats både som examensarbete vid SLU, Umeå och i den vetenskapliga tidskriften *Forests*. (Höök 2020)

ETT-flis, 98 ton

Under 2015 beviljades en ansökan om forskningsfinansiering från FFI för att genomföra ett försök med ett långt och tungt flisekipage mellan järnvägsterminalen i Nykvarn och Igelsta kraftvärmeverk i Södertälje. Syftet med projektet var att studera konsekvenserna av en 34 m lång och 98 ton tung flisbil med avseende på energieffektivitet, åkarens ekonomi, funktionalitet i aktuell trafikmiljö samt att studera det fordonsmonterade vågsystemets noggrannhet. Efter en utdragen tillståndsprocess för att få trafikera den aktuella sträckan kunde fordonet tas i drift, först som 74-tonnare 2014 och sedan som 98-tonnare i februari 2020. De båda konfigurationerna följdes kontinuerligt vad gäller lastmängder och bränsleförbrukning med hjälp av insamlade uppgifter från lastbilens Fleet management system samt vågdata från Söderenergis interna system. Under hösten 2020 gjordes också en fokusstudie där bränsledata och fordonsvikter insamlades med en speciell CAN bus-logger som tar in relevanta data tio gånger per sekund från lastbilens interna system. I samband med fokusstudien sattes även en vanlig 64-tonnare in som referens på den aktuella sträckan.

Resultaten visar att ett HCT-fordon med bruttovikter upp emot 98 ton och 34 meters längd inte har några oväntade problem att ta sig fram och fungera även i relativt tät storstadsnära trafik. 98-tonnaren framstår också som mest ekonomiskt fördelaktig av de tre, förutsatt att den kan lastas till bruttovikter över 80 ton, motsvarande drygt 50 ton lastvikt. I övriga fall framstår det mindre 64-tonsfordonet som mest lönsamt. Den 74-tonskombination som testades under större delen av projekttiden visade sig vara känslig för lastmängderna och har inte gett positiva resultat gällande bränslebesparing i denna studie (Enström m.fl. 2021).

SPECIFIKA PROJEKT OCH PROJEKTFORDON

Bränsleförbrukning

Sedan 2013 har alla fordon inom ETT-projekten kontinuerligt rapporterat lastvikter och körsträckor per lass till Skogforsk för sammanställning. Tillsammans med data från fordonsdatorerna har ett omfattande material hämtats in. Delresultat från detta arbete har publicerats tidigare, men 2018 avslutades KUBEL-projektet (Kontinuerlig Uppföljning av Bränsleförbrukning, Emissioner och Lastfyllnadsgrad) och därmed skrevs en slutrapport (Brunberg & von Hofsten 2018). Resultaten från denna studie avviker inte nämnvärt från de tidigare. En intressant iakttagelse som inte gjorts i tidigare analyser är att fordon med egen kran förbrukar signifikant mer bränsle per tonkilometer än de utan kran, ca 7,2 procent. Delvis beror det naturligtvis på att lastbilsmotorn används för att driva kranen och den bränsleförbrukningen kommer med i den allmänna "potten". Men det kan också finnas andra aspekter såsom annorlunda aerodynamik i samband med tomkörning då kranen ger upphov till ett betydande luftmotstånd.

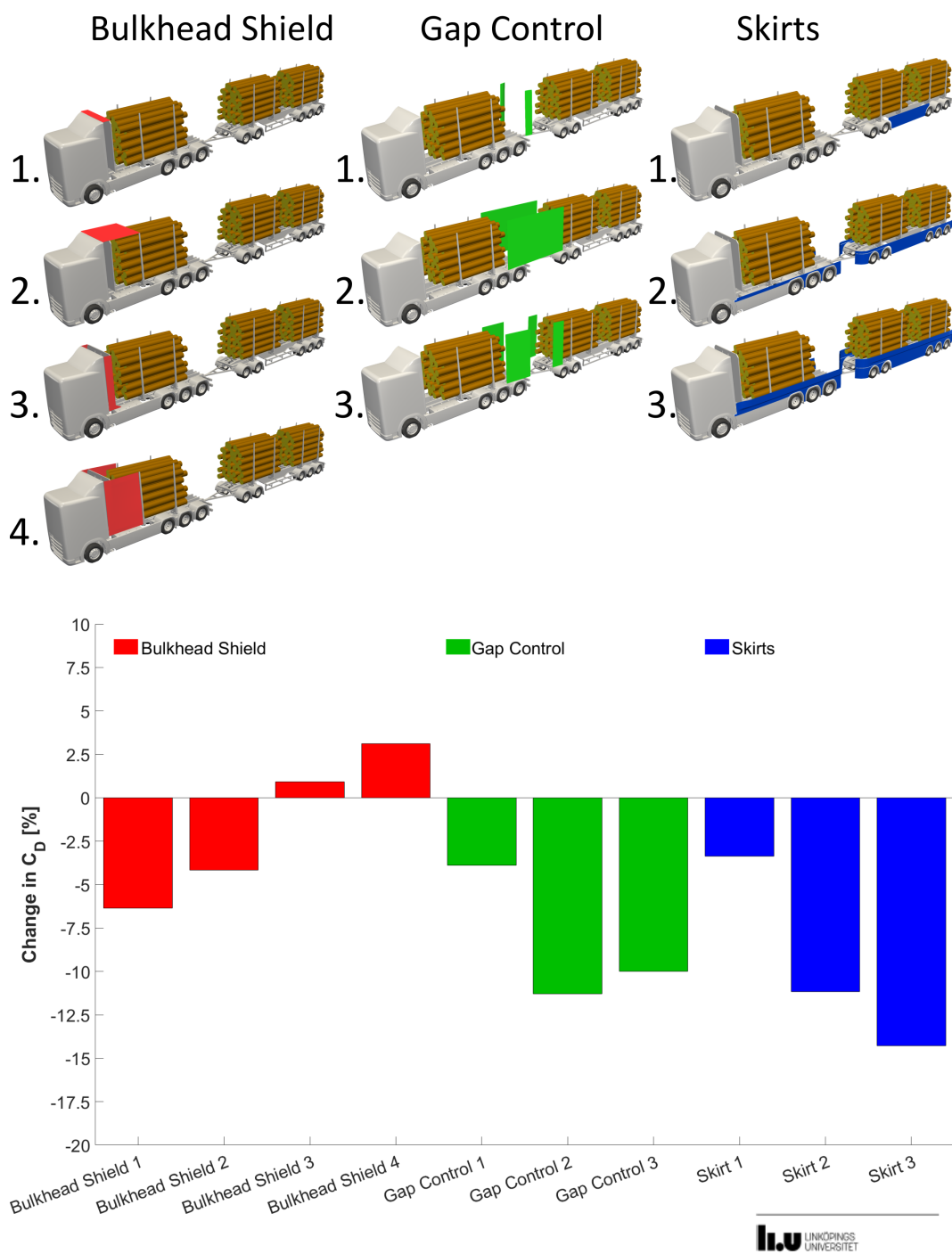
ETT-aero2

I ett samarbete med Linköpings universitet gjordes redan 2014 de första försöken i vindtunnel med modeller av skogsfordon, vilka visade på en god potential att minska bränsleförbrukningen genom i grunden ganska enkla förändringar av virkesfordonen (Löfroth & Gelin, 2015). I samband med att det första projektet avslutades söktes pengar till ett nytt projekt som kom att kallas ETT-aero2. Inget av dessa försök har primärt finansierats av ETT-projektet men man har haft viss insyn.

Planen med ETT-aero2 var att jobba vidare med resultaten från det första projektet, men tyvärr stängdes vindtunneln i Bromma och byggdes om för helt annan användning och vi stod därmed helt utan möjligheter till vindtunneltester i Sverige. Parallellt med detta fick LiU (Linköpings Universitet), som var en viktig partner i dessa försök, betydligt förstärkta resurser vad gäller beräknings- och simuleringskapacitet för flöden och strömningar av flera olika slag och i synnerhet inom aerodynamik. På grund av ytterligare några kalamiteter blev projektet kraftigt försenat, men inget ont som inte har något gott med sig.

Under den tid projektet försenades kunde LiU avsevärt förfin sina beräkningsmodeller både vad gäller precision och beräkningshastighet. Man har idag i praktiken en virtuell vindtunnel som levererar data med en precision som knappast är möjlig med en verklig vindtunnel. Exempelvis kan man se och kvantifiera de aerodynamiska effekterna av om en personbil har dragkrok monterad eller ej. Därmed kan man också göra noggranna studier av effekterna av olika aerodynamiska påbyggnader på en virkesbil utan att behöva bygga den.

Förutom att styrka vindtunnelresultaten visar de avancerade simuleringsstudierna att de största aerodynamiska ”bovarna” för den lastade timmerbilen, är dels de gap som bildas mellan travarna, dels den tvära avslutningen av ekipaget. Men mycket skulle också kunna vinnas genom att täcka sidorna mellan hjulhusen på släpfordonen med så kallade kjolar, som hindrar luft att komma in under släpfordonen och där skapa turbulens. Denna turbulens drar också in snö som lägger sig på axlar och fjädringsbälgar under släpfordonen och kan i olyckliga fall bilda fastfrusna drivor på upp till ett par ton innebärande att en från början korrekt lastad fordonskombination är överlastad vid ankomst till industri. Vad gäller olastade timmerbilar är det dels turbulensen under släpfordonen som skapar luftmotstånd, dels stakar och bankar som står upprätt i fartvinden. Om dessa kunde fällas eller ställas ihop skulle luftmotståndet kunna minskas avsevärt (Colombi 2018, Fernández del Río 2018, López Fuentes 2018). Mycket preliminära resultat visar också att en Z-kran, vid tomkörning, kan öka luftmotståndet med drygt 20 procent innebärande en ökning i bränsleförbrukning med ca 7 procent, jämfört med samma fordon utan kran (Fattahi 2020, pers. komm.).



Figur 9. Exempel på resultat från LiU:s simuleringar där såväl realistiska som mer fantasifulla aerodynamiska lösningar kan testas till en högst rimlig kostnad. Med "5° yaw" avses fartvindens anfallsvinkel, som nästan aldrig är rakt framifrån.

ETT-aero2 går nu in i en ny mer empirisk fas där en av de simulerade lösningarna ska testas i verkligheten (den blå i figur 9), inte bara vad avser luftmotstånd och bränsleförbrukning utan även hur de fungerar i vardagen för en åkare.

ETT-push

En fråga som aktualiserats med de högre bruttovikterna är lastbilarnas startförmåga från stillastående. De högre bruttovikterna kräver ett par extra hjulaxlar på fordonståget för att inte axel- och axelgruppsbelastningarna ska bli för höga. Detta gör att den maximala axelbelastningen minskar med nästan ett ton på drivaxlarna samtidigt som vikten och startmotståndet ökar. I projektet ETT-push har två fordonståg för rundvirkestransporter studerats. Det ena (push-fordonet, Figur 7) är specialbyggt för att lasta fyra travar samt försett med hydrauldrift på den fjärde axeln (linkens första axel, figur 7) som starthjälp i hastigheter upp till 30 km/h. Det andra (referensfordonet) är ett nästan identiskt fordonståg avsett för tre travar och utan den extra hydrauldriften.

Av resultaten framgår bland annat att push-fordonet haft högre genomsnittlig lastvikt och lägre bränsleförbrukning per tonkilometer jämfört med referensfordonet. Startförmågan på sliriga underlag var tydligt bättre, i synnerhet vid tomkörning. De nackdelar som noterats kan hänföras till några mindre lyckade konstruktionslösningar kopplade till hydrauldriften. Idag finns betydligt enklare lösningar med elektriskt drivna axlar som skulle kunna användas i händelse av fortsatt utveckling av detta koncept (Björheden m.fl. 2018).

Optimerade transmissionslösningar

Sedan några år har Volvo, i egen regi, genomfört ett antal försök med främst 74-tonnare för att närmare studera utväxlingsförhållanden och drivlinor vid användande av HCT-fordon. Ett exempel är Eds Trätransports ekipage (se framsidan) där man testat olika transmissionslösningar med bland annat hydraulisk framhjulsdraft.

Kommunikationsinsatser

ETT-projektet har under projektperioden varit representerat vid ett relativt stort antal tillfällen i samband med såväl nationella som internationella möten och konferenser. I huvudsak har det varit Henrik von Hofsten, Skogforsk, som deltagit men i några fall även andra. Dessutom har det förekommit flera sammanhang där skogliga transporter diskuterats i allmänhet, där naturligtvis HCT-transporter är en del i helheten. Nedan listas några av de mer betydelsefulla evenemangen.

Under 2017 har HCT-frågan varit uppe vid tre tillfällen på NB-Nords möten. NB-Nord är en så kallad CAR (Center for Advanced Research) som finansieras av SNS (Nordic Forest Research, eller SamNordisk Skogsforskning) vilket i sin tur är ett samarbetsorgan, finansierat med nordiska medel under ledning av Nordiska ministerrådet som strävar efter att öka nyttan för Norden och bidra till ett hållbart samhälle. Medlemmarna är Island, Norge, Sverige, Finland, Danmark och de självständiga områdena Åland, Färöarna och Grönland samt de baltiska länderna. Inom NB-Nord finns en transport- och logistikgrupp där Henrik von Hofsten deltagit. Bland mycket annat har transport och logistikgruppen tagit fram en samnordisk kalkylmodell för att beräkna transportkostnader för landsvägs-, järnvägs- och sjötransporter (Fjeld m.fl. 2021). Under 2017 har även ett längre föredrag hållits om miljöeffektivare transporter för TYA i samband med deras årskonferens.

Under 2018 har ETT-projektet inte varit föredragande vid några större evenemang utöver ett par inom NB-Nord och det nationella HCT-projektet.

I september 2019 hade Mellanskog en minitransportmässa i Västerås där det hölls föredrag om den aktuella situationen gällande BK4 samt kunskapsläget kring HCT-fordon i allmänhet. Senare samma år hade Trafikverket och CLOSER ett seminarium gällande främst längde och tyngre fordonskombinationer där Henrik von Hofsten höll ett anförande. Seminariet var en bärande del i rapporten *Längre lastbilar på det svenska vägnätet – för mer hållbara transporter* (Natanaelsson & Brandt, 2019). Under 2019 anordnade även Skogsindustrierna en konferens kring BK4-utvecklingen där Henrik von Hofsten och Lena Larsson (Volvo) höll ett föredrag om effekterna av HCT på bränsleförbrukning och miljö.

I januari 2020 anordnade finska trafikmyndigheten och Trafikverket ett gemensamt seminarium för nederländska trafikmyndigheter som ville höra om hur vi i Norden arbetar med HCT-frågan. Henrik von Hofsten var där och redogjorde för våra metoder för uppföljning, främst KUBEL och SamDemo, och vad det gett för insikter. Seminariet lockade ett femtiotal personer, utöver delegationen från Nederländerna främst från Finland, Sverige, Norge och Danmark.

I februari 2020 anordnade Skogforsk en transport- och logistikkonferens där HCT och BK4 var tunga delar. Konferensen besöktes av ett hundratal personer, däribland representanter från skogsbolag och akademi samt tjänstemän och åkare. I november hölls även ett föredrag för skogsmästareleverna i Skinnskatteberg gällande effekter av, samt för- och nackdelar med HCT i skogen. Föredraget utmynnade i en ganska lång och mycket givande diskussion med eleverna gällande hur, när och var de såg framför sig att använda HCT-fordon i praktiken.

ETT-projektets styrgrupp beslutade i maj 2020 att även ta fram ett informationsmaterial till kommunerna gällande för- och nackdelar med HCT ur kommunal synvinkel.

Materialet blev till en presentation som finns fritt att tillgå på

www.EnergieffektivaTransporter.se.

I november intervjuades Henrik von Hofsten av Dagens Industri med anledning av den långsamma utbyggnaden av BK4. Intervjun resulterade dels i en artikel i DI, dels i en något mer omfattande [webbartikel](#) på DI:s webbplats.

Utöver ovan nämnda evenemang har följande rapporter publicerats helt eller delvis inom ETT-projektet.

2017

Asmoarp, V. & von Hofsten, H. 2017. Sliter tyngre lastbilar mer på vägen? Skogforsk, Webbartikel 41.

Enström, J., Asmoarp, V., Bergqvist, M. & Davidsson, A. 2017. Förstudie för projektet pilotimplementering av 74 ton. Skogforsk, Arbetsrapport 935.

Näslund, R. 2017. Ruttanalys av en tvådelad fordonsflotta bestående av HCT och konventionella rundvirkeslastbilar. Examensarbete jägmästarprogrammet 6, 2017.

von Hofsten, H. & Arlinger, J. 2017. Transportekonomi vid olika antal travar på 74-tons virkesbil – teoretisk analys. Skogforsk, Arbetsrapport 939.

2018

Asmoarp, V., Enström, J., Bergqvist, M. & von Hofsten, H. 2018. Effektivare transporter på väg – Slutrapport för projekt ETT 2014–2016. Skogforsk, Arbetsrapport 962.

Björheden, R., Gelin, O., Henriksen, F. & von Hofsten, H. 2018. ETT-push – virkesbil med fyra travar och hjälpdraft på linken. Skogforsk, Arbetsrapport 980.

Brunberg, B. & von Hofsten, H. 2018. Dieselförbrukning för skogslastbilar med bruttovikt på 74 och 90 ton. Skogforsk, Arbetsrapport 978.

2019

Asmoarp, V. & von Hofsten, H. 2019. Rätt antal axlar på virkesfordonet ger fulla lass – Råvolymviktens inverkan på medellastvikten för virkesfordon på BK1 och BK4. Skogforsk, Arbetsrapport 1031.

Boberg, A. 2019. Analys av två olika lastningstekniker med 74-tons ST-rundvirkeslastbilar. SLU, Rapport EX 0832.

Höök, C. 2019. A method of finding HCT roundwood corridors for reduction of GHG emissions and hauling costs in Sweden. SLU, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2019:9.

von Hofsten, H. 2019. Hur upplevs större timmerbilar av chaufförerna? Skogforsk, Webbartikel 37.

von Hofsten, H. 2019. Nya transport- och lastfordon i skogsbruket. Skogforsk, Arbetsrapport 1003.

2020

- Asmoarp, V., Davidsson, A. & Gustavsson, O. 2020. Skogsbrukets vägtransporter 2018. Skogforsk, Arbetsrapport 1043.
- Noreland, D. 2020. HCT-fordon för rundvirkesvirkestransporter – är det en lönsam investering? Skogforsk, Arbetsrapport 1065.
- von Hofsten, H. & Davidsson, A. 2020. Allt fler vägar godkänns för 74-tonsbilar. Skogforsk, Webbartikel 21.

Fortsatta utvecklingsbehov

Vid ETT-projektets styrgruppsmöte 2020-11-05 beslutades att projektet skulle förlängas med fyra år. Fokus under den nya projektperioden ska läggas på längre fordonskombinationer samt på vägnätsfrågor.

Vad gäller längre fordonskombinationer är det mycket en fråga om att hitta optimala konfigurationer för olika transportuppdrag. Volvo ligger här långt framme med en del planerade försök i Norrbotten men har på grund av Covid-19 tvingats pausa mycket av den verksamheten, delvis också beroende på brist på lämpliga transportuppdrag. Under 2020 har man kört en kombination mellan hamnen i Haraholmen och Kappa industrier i Piteå men den sträckan är bara ett par mil. Kombinationen ifråga har varit dragbil, trailer och vagn med tre ganska korta travar på vardera. Upp emot 94 ton om inte virket är för torrt.

En fråga som blivit allt mer aktualiserad under 2020 är att i en del fall, beroende på geografi och transportuppdrag, har vissa 74-tonnare haft svårt att få med full vikt. Beroende lite på virkessortiment och årstid så är den tillgängliga lastrumsvolymen för liten för att det ska gå bra att lasta de dryga 50 ton virke som krävs för full last. Försöket med ETT-push (Björheden m.fl. 2018) visade dock att det kan gå att få på fyra travar på en fordonskombination som bara är något längre än nu gällande maxlängd. Om fordonslängden kunde ökas till ca 28 meter utan att bruttovikten nödvändigtvis ökas kunde mycket vinnas. Ett något lägre fordonståg skulle också få väsentligt bättre aerodynamiska egenskaper vilket skulle gynna både miljö och ekonomi.

Vad gäller vägnätsfrågan återstår mycket arbete för att få BK4-vägnätet tillräckligt omfattande, inte minst finns ett fortsatt stort behov av kommunikation mellan myndigheter och övriga intressenter i transportkedjorna. Här kan ETT-projektet bidra med mycket kunskap om det skogliga behovet av vägar. En sådan analys är på gång och kommer att publiceras under 2021. Samma sak gäller för längre fordonskombinationer. Trafikverket släppte en rapport i ärendet 2019 (Natanaelsson & Brandt, 2019) som också har varit ute på remiss med sista dag 2019-10-20. Därefter har ingenting hänt.

En mer detaljerad aktivitetsplan för projektperioden 2021–2024 är under utveckling.

Referenser

- Anon. 2018. Lasta lagligt - Vikt- och dimensionsbestämmelser för tunga fordon. Transportstyrelsen.
- Asmoarp, V., Davidsson, A. & Gustavsson, O. 2020. Skogsbrukets vägtransporter 2018. Skogforsk, Arbetsrapport 1043
- Asmoarp, V., Enström, J., Bergqvist, M. & von Hofsten, H. 2018. Effektivare transporter på väg Slutrapport för projekt ETT 2014–2016. Skogforsk, Arbetsrapport 962.
- Asmoarp, V. & von Hofsten, H. 2017. Sliter tyngre lastbilar mer på vägen? Skogforsk, Webbartikel 41.
- Asmoarp, V. & von Hofsten, H. 2019. Rätt antal axlar på virkesfordonet ger fulla lass – Råvolymviktens inverkan på medellastvikten för virkesfordon på BK1 och BK4. Skogforsk, Arbetsrapport 1031.
- Asp, T., Åkesson, V. & Wandel, S. 2019. Färdplan HCT väg. Closer.
- Björheden, R., Gelin, O., Henriksen, F. & von Hofsten, H. 2018. ETT-push – virkesbil med fyra travar och hjälpedrift på linken Skogforsk, Arbetsrapport 980.
- Boberg, A. 2019. Analys av två olika lastningstekniker med 74-tons ST - rundvirkeslastbilar. Slu, Rapport EX 0832
- Brunberg, B. & von Hofsten, H. 2018. Dieselförbrukning för skogslastbilar med bruttovikt på 74 och 90 ton Skogforsk, Arbetsrapport 978
- Colombi, R. 2018. CFD Investigation of Aerodynamic Drag Reduction for an Unloaded Timber Truck. Master Thesis, Linköpings universitet LIU-IEI-TEK-A-18/03231-SE.
- Davidsson, A. & Bergqvist, M. 2018. Metodik för broidentifikation. Skogforsk, Arbetsrapport 975.
- Enström, J., Asmoarp, V., Bergqvist, M. & Davidsson, A. 2017. Förstudie för projektet pilotimplementering av 74 ton. Skogforsk, Arbetsrapport 935.
- Enström, J., Eriksson, A., von Hofsten, H. & Noreland, D. 2021. Slutrapport ETTdemoFlis. Skogforsk arbetsrapport 1073.
- Fernández del Río, Á. 2018. CFD Investigation of Aerodynamic Drag Reduction for a Fully Loaded Timber Truck. Master Thesis, Linköpings universitet LIU-IEI-TEK-A-18/03233-SE.
- Fjeld, D., Väättäinen, K., von Hofsten, H., Noreland, D., Callesen, I. & Lazdins, A. 2021. A common Nordic-Baltic costing framework for road, rail and sea transport of roundwood. NIBIO Report 7:8.
- Fogdestam, N. & Löfroth, C. 2015. ETT-demo 2011-2013: Slutrapport, demonstration av ETT- och ST-fordon. Skogforsk, Arbetsrapport 872.
- Holappa Jonsson, S., Asmoarp, V. & Eriksson, I. 2019. Resurseffektiv skörd av biomassa genom integrerad produktions och flödesstyrning. Skogforsk, Arbetsrapport 1027.

- Höök, C. 2019. A method of finding HCT roundwood corridors for reduction of GHG emissions and hauling costs in Sweden. SLU, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi 2019:9.
- Höök, C. 2020. A Method of Finding HCT Roundwood Corridors for Reduction of GHG Emissions and Fuel Costs in Sweden. Forests 2020, no 11.
- López Fuentes, X. 2018. CFD Investigation of Aerodynamic Drag Reduction for a Wood Chip Truck. Master Thesis, Linköpings universitet LIU-IEI-TEK-A{18/03234SE.
- Löfroth, C. & Gelin, O. 2015. ETTaero - En förstudie av aerodynamisk utformning av skogsfordon. Skogforsk, Arbetsrapport 870.
- Löfroth, C. & Svensson, G. 2012. ETT - Modulsystem för skogstransporter. Skogforsk, Arbetsrapport 758.
- Natanaelsson, K. & Brandt, J. 2019. Längre lastbilar på det svenska vägnätet – för mer hållbara transporter. Trafikverket. Rapport. 76.
- Natanaelsson, K. & Eriksson, T. 2020. Implementering av bärighetsklass 4. Trafikverket, Rapport TRV 2020/44448.
- Noreland, D. 2020. HCT-fordon för rundvirkesvirkestransporter - är det en lönsam investering? Skogforsk, Arbetsrapport 1065.
- Näslund, R. 2017. Ruttanalys av en tvådelad fordonsflotta bestående av HCT och konventionella rundvirkeslastbilar. Examensarbete jägmästarprogrammet 6, 2017.
- Sjögren, J. & Kyster-Hansen, H. 2013. Färdplan High Capacity Transports - Väg. Forum för innovation inom transportsektorn. Rapport.
- von Hofsten, H. 2019. Hur upplevs större timmerbilar av chaufförerna? Skogforsk, Webbartikel 37.
- von Hofsten, H. 2019. Nya transport- och lastfordon i skogsbruket. Skogforsk. Arbetsrapport 1003.
- von Hofsten, H. & Arlinger, J. 2017. Transportekonomi vid olika antal travar på 74-tons virkesbil - teoretisk analys. Skogforsk, Arbetsrapport 939.
- von Hofsten, H. & Davidsson, A. 2020. Allt fler vägar godkänns för 74-tonsbilar. Skogforsk, Webbartikel 21.
- von Hofsten, H. & Funck, J. 2015. Utveckling av HCT-fordon i Sverige. Skogforsk. Arbetsrapport 865.