

# Utsläpp av CO<sub>2</sub> vid transport av virke minskar kraftigt om heliumfyllda ballonger används

Mats Hagner och Klas Ancker

2012-04-10



**UBICON**

ISSN 1654-4455

**Rapport 3, 2012**

---

UBICON, Blåbärsvägen 19, 903 39 Umeå, Sweden. Tel 070-64 222 44

Epost [mats.hagner@allt2.se](mailto:mats.hagner@allt2.se) Org.nr: 340827-8210. <http://www-sekon.slu.se/~mats>

---

## Sammanfattning

Utsläpp av koldioxid vid avverkning och transport av virke till skogsindustrierna i dagens system har jämförts med ett framtida luftburet system. Vid jämförelsen har antagits att dagens kalhyggesbruk ersätts av ett kontinuerligt bruk av skiktad skog och att träden inte fälls utan lyfts upp ur skogen med enkla sfäriska fritt flygande ballonger. Dessa svävar alltid tyngdlösa genom barlast av vatten. Ingen pilot finns i ballongerna. Allt är fjärrstyrt med hjälp av datorer och GPS. Vid långväga transporter och vid transport i motvind samverkar flera ballonger genom att bilda tåg.

De huvudsakliga nuvarande källorna till utsläpp av CO<sub>2</sub> inom skogsbruket är kalhyggen, stormfällning samt bygge och underhåll av vägar. Med övergång till kontinuerligt skogsbruk, med nuvarande transportsystem, undviker man både kalhyggen och de flesta stormskador.

Detta skulle reducera samhällets totala emission av CO<sub>2</sub> med 24 %, Samtidigt skulle skogens bindning av CO<sub>2</sub> öka väsentligt (ej inräknat i angiven %). Skogsbrukets utsläpp av CO<sub>2</sub> reduceras med 99.74 % om ballonger plockar virket i skogen och levererar det vid industrin, förutsatt att man inte längre behöver skogsbilvägar. Om ballonger bara används i stället för traktorer och lastbilar reduceras utsläppen för virkestransport med 93 %. Ballongsystemet blir mycket fördelaktigt även i ekonomiskt avseende. Övriga miljövinster är bl.a. bibehållen bördighet, oförstörda fornlämningar och en naturlig skog med hög biodiversitet.

Ämnesord: CO<sub>2</sub>, koldioxid, reduktion, utsläpp, emission, klimatvänligt, miljö, naturvård, markvård, naturnära skogsbruk, ekonomi, virkestransport, timmerbil, skotare, skördare, fällskador, vindskador, stormskador, markskador, helium, ballong, lättare än luft

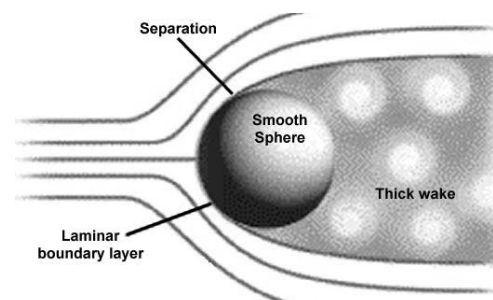
## Bakgrund

Allt större intresse visas transportsystem med låg energiförbrukning (Lundin och Svensson 2009, 2011). På samma sätt som transport på vatten sänker energibehovet på grund av vattnets lyftkraft, kan luft användas för att hålla godset flytande. Skillnaden ligger i att en liter vatten lyfter ett kg medan en hel kubikmeter luft krävs för att lyfta ett kilo.

Om enkla droppformade ballonger fyllda med heliumgas används för transporter kan konstruktionen av ballongen bli mycket enkel (Hagner 2002). Gasen håller sig i ballongens överdel medan den nedre delen är fylld med luft. Ballongen bör ha ett öppet hål i botten. När lufttrycket faller ökar gasens volym och tränger ut luft genom hålet i botten och omvänt när lufttrycket stiger. Gasens lyftkraft är densamma vid olika lufttryck. Samma fördel har man när ballongen skall användas i bergiga trakter där höjdskillnaden mellan platserna för lastning respektive lossning är stor.

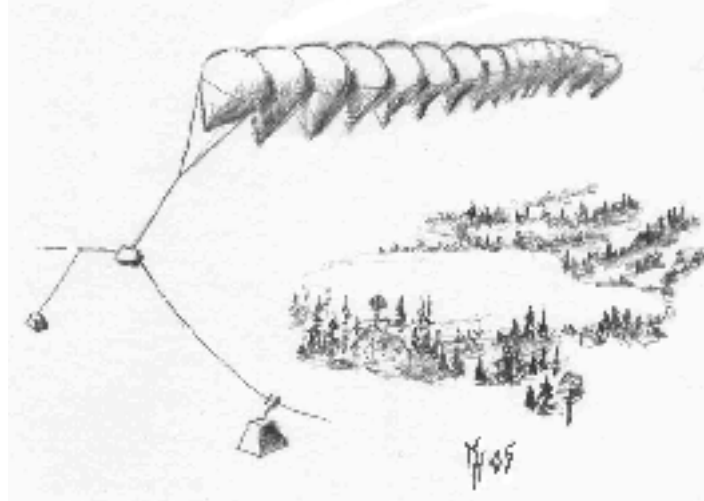
Vid användning av luftskepp med fast form och volym är problemen med tryckskillnader stora. För att få ytterhöljet att hålla formen reglerar man ständigt volymen hos inneslutna luftsäckar.

Nackdelen med enkla droppformade ballonger är att deras strömlinjeform är mycket dålig. Luftmotstånd uppstår dels på grund av att ballongen skall tränga undan luft, dels på grund av att ett undertryck uppstår bakom ballongen.



Medan luftskepp med cigarrformad kropp vanligen kan köras i farter på 130 km/tim, blir luftmotståndet stort även vid låga farter om man använder sfäriska ballonger. Detta gör att väderkänsligheten för ett sådant system blir stort.

Emellertid kan problemet minska om sfäriska ballonger kan kopplas samman i tåg. Ju tätare ballongerna kan tryckas samman desto bättre. Vårt förslag är att ballongens mjuka hölje skall göras magnetiskt och suga fast vid en annan ballong med en så stor yta som möjligt (Figur 1).



Figur 1. Vid långväga eller tidsbunden frakt i motvind skapas tåg av ballonger. Mestadels flyger dessa fritt, men kan även löpa längs en markbunden vajer. Med elektromagnetiska fält i ballongernas sidor kan en ballong krypa in och ut ur ett tåg när detta passar den enskilda ballongen. En vajer ersätter vägar och broar

## Metod

Luftmotståndet för en sfär i låga hastigheter kan beräknas med följande formel

$F = 0.92 \cdot r^2 \cdot v^2$  där  $r$  är sfärens radie (m) och  $v$  är hastigheten (m/sek).

Kraften  $F$  kommer då att mätas i N (Newton). N är 0.00136 hk. (Pers. komm. Matts Lundin)

Uppgifter om emission och bindning av CO<sub>2</sub> har hämtats från Lindroth et al (2009).

Det antas att ballonger inte bara sköter transport av virke från stubbe till fabrik utan att robotar placeras i träd av ballonger, och att dessa skapar kvistade trädstammar som står kvar i lodrät position. Där hämtas de av en ballong för transport till fabrik. Robotarna lyfts mellan träden av ballonger. Se följande länk <http://www.fsy.se/naturbruk/blanketter/blankett99.pdf> Energiätgången för tillredning av stående stammar i skogen, har inte beaktats i det följande.

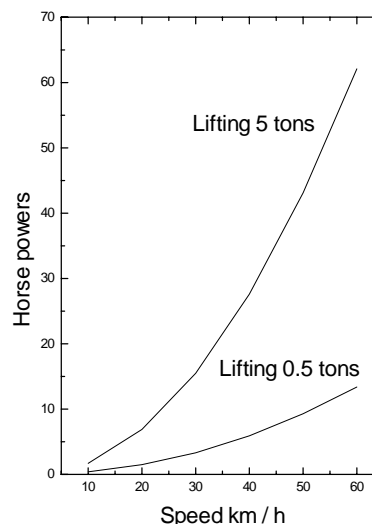
En mängd antaganden har gjorts. Dessa och beräkningar redovisas i detalj i bilagan.

## Resultat

Tabell 1. Luftmotstånd i hästkrafter beräknat för två storlekar på ballonger. Lastkapaciteten är beräknad såsom ballongens halva lyftkraft.

Lastkap	Hastighet	Hastighet	Ballongens	
ton	km/tim	m/sek	radie	luftmotst
			m	hk
0.5	10	2.8	6.2	0.4
0.5	20	5.6	6.2	1.5
0.5	30	8.3	6.2	3.3
0.5	40	11.1	6.2	5.9
5	10	2.8	13.4	1.7
5	20	5.6	13.4	6.9
5	30	8.3	13.4	15.5
5	40	11.1	13.4	27.6

Figur 2. Luftmotståndet beräknat för olika hastigheter för två ballonger med olika lastkapacitet. Denna anses vara hälften av ballongens lyftkraft.



### Energibehov för en enskild ballong

Beräkningarna visar att energibehovet hos en ballong med tiofaldig lastkapacitet ökar med 4.6 gånger, oavsett hastigheten. Det är alltså energimässigt fördelaktigt att använda stora ballonger. Emellertid ökar terminalhantering vid lastning och lossning snabbt vid ökande lastkapacitet. Ju större ballong desto större last, desto större insatser måste göras för att samla ihop ett tillräckligt stort "paket" lämpat för den stora ballongen. Hur stora ballonger som skall användas är därför ett logistiskt problem.

### Energibehov för ett ballongtåg

Om ballonger är så formbara och försedda med elektromagneter som får ballongtåget att anta formen hos en slang, blir luftmotståndet mycket litet för varje ballong i tåget. Det är endast luftens friktion mot ballongens exponerade yta som skapar motstånd. Tågets sammanlagda behov av energi för att glida genom luften blir lika med energibehovet av den undanträngda luften i tågets framände adderad med energibehovet för att upphäva undertrycket i tågets bakre ände. Detta motsvarar energibehovet hos en enstaka ballong. Om turbulensen längs efter ballongtåget antas öka energibehovet med 10 % gäller följande beräkning. Ett ballongtåg med tio ballonger, där varje ballong fraktar 5 ton, blir kraftbehovet vid 20 km/tim endast 8 hk. Detta kan jämföras med en lastbil med timmer som lastar 50 ton. Den behöver troligen 360 hk när det kör med full last och 200 hk när den kör utan last tillbaka till skogen.

Vi har vant oss vid att alla transporter skall gå så fort som möjligt. Därför kan man tycka att 20 km/tim är en väldigt låg hastighet för virkestransporter. Då ballongerna i stort sett rör sig fågelvägen utan diverse hastighetsbegränsade sträckor, är transporten snabb trots låg hastighet. Vindriktningen spelar in och endast vart fjärde ballongtåg rör sig rakt mot vinden. Lika ofta rör de sig med vinden. Om vinden rör sig med 8 m/s, ca 20 km/tim, och ballongtåget skall röra sig med denna hastighet relativt markytan, behöver tåget ingen energi i medvind, och betydligt mer än dubbel energi i motvind. Vi är inte experter på detta men vi tror att när tåget rör sig i rak sidovind behöver det utveckla något mer än enkel energi.

Leverans av virke vid industri behöver inte ske med tidsmässig precision. När man flottade virket kom råvaran till industrin endast en gång per år, och industrin fungerade utmärkt även då. Ballongsystem för virkestransporter bör från början planeras med tanke på att systemet kommer att vara väderkänsligt. Ingen tidsmässig noggrannhet kommer att gälla för leveranser, men det går att anpassa samhället till detta om transportsystemet är fördelaktigt på andra sätt.

Tabell 1. Reduktion/år av CO<sub>2</sub> om kontinuerligt skogsbruk (K-bruk) införs och om avverkning och transport av virke sker med ballong. Om uppgift önskas om "rent kol" divideras värdet för CO<sub>2</sub> med 3.67. Det antas att nätet av skogsbilvägar utgör en tredjedel av alla vägar.

		Koldioxid tusen ton
Ballongsystem	Drivning av propellrar för reglering i x,y, z-led Bygge av ballongsystem	46
Terrängtransport	Terrängkörning med skogstraktorer Bygge av nya skogstraktorer	477
Skogsbilvägar	Bygge av och underhåll av skogsbilvägar Detta är 1/3 av vad som gäller hela vägnätet i landet Bygge av entreprenadmaskiner för skogsbilvägar	800
Lastbil till industri	Transport av virke från skog till industri Bygge av lastbilar	153 0.24
Hyggen	Avgivning av CO <sub>2</sub> från hyggen som ett medeltal för 10 första åren efter kalhuggning Maskinell markberedning	15000
Stormfällning	Gudrun upprepad vart 20:e år	1064
Nuvarande skogsskötsel, avverkning och transport		17494
Framtida skogsskötsel, avverkning och transport med ballong		46
Reduktion av CO <sub>2</sub> -utsläpp från skog och skogsbruk, %		99.74
Nuvarande total bindning av CO <sub>2</sub> i Sveriges skogar		51000
Nuvarande totalt utsläpp av CO <sub>2</sub> från svenska samhället		66000
Reduktion av landets emission om K-bruk införs och ballong används, %		26
Reduktion av landets emission om ballong används i.st.f. traktor o bil, %		2

Skogsbrukets utsläpp av koldioxid (Tabell 1) domineras av vad som uppkommer på grund av kalavverkning och av stormfällning (Lindroth 2007, Lindroth et al 2009) (samt Lindroth 2012 sist i bilagan). Kan man undvika kalhuggning så slipper man samtidigt huvudskälet till stormfällning. Vindskadorna startar nämligen vid kanten av hyggen och breder ut sig i välgallrade trädåkrar. I dessa står idag likåldriga träd som faller som dominobrickor. Ett kontinuerligt skogsbruk resulterar i en naturlig blandning av trädstorlekar. Kalhuggna ytor förekommer inte. Våra storskaliga försök har visat att skador av vind och snö blir mycket små i sådan skog. Enligt tabell 1 skulle en övergång till kontinuerligt skogsbruk innebära att hela landets emission av CO<sub>2</sub> reduceras med en fjärdedel, 24 %. Om man dessutom utförde avverkning och virkestransport med ballonger reduceras landets emission med 26 %.

En kalhuggen yta avger koldioxid genom förmultning av växtdelar och humus. Ungskog tar många år på sig att binda lika mycket koldioxid som slutna skogar. Lindroth (2007) fann att koldioxidbindning i gallrad skog var lika stor som i orörd skog. Han jämförde kontinuerligt skogsbruk med konventionellt hyggesbrukad skog och beaktade dels emissionen från marken, dels minskningen av CO<sub>2</sub>-upptaget innan ungskogen uppnått full bladyta. Beräkningarna visade att när vi i landet årligen skapar nya hyggen på 200 000 hektar reducerades skogens bindning av koldioxid i samma storleksordning som samhällets totala utsläpp (66 000 tusen ton enligt tabell 1) (Lindroth 2007).

I tabell 1 har CO<sub>2</sub> från hyggen endast innefattat den emission som härrör från den ökade avgången av markens kol som sker under kalhyggestiden. Lindroth anser att dessa siffror inte kan vara för stora.

Vi antar förenklat att vi övergår till kontinuerligt skogsbruk och fraktar allt virke med ballonger. Vi antar vidare att då försvinner utsläppen av koldioxid från hyggen, stormfällning, skogstraktorer, timmerbilar och från bygge och underhåll av alla skogsbilvägar. Därmed reducerar vi utsläppen som härrör från virkestransport från 17 500 tusen ton till 46 tusen ton, dvs. med 99.74 %.

Det är värt att notera att en övergång till kontinuitetsskogsbruk, med bibehållet sätt att avverka och frakta virke, enligt tabell 1, skulle reducera utsläppen från 17494 till 1430 dvs. med 91.8 %.

Landets nät av skogsbilvägar är mycket tätt. Vi antar att detta utgör tredjedelen av alla vägar och att ballongtransport av virke skulle göra underhållet av och bygge av skogsbilvägar onödigt. Från skogsbruk minskar då utsläppen från  $800+477+153=1425$  till 46 dvs. med 97 %.

Skogsbrukets avverkning av träd, terrängtransport och biltransport till industri leder till utsläpp av  $477+153=630$  tusen ton CO<sub>2</sub>. Detta reduceras till 46 tusen ton om ballonger används i stället för traktorer och lastbilar. Detta innebär en reduktion med 93 %.

En övergång till ett nytt sätt att bruka skogen och att frakta virke leder till andra miljövinster och även till miljöförluster. Den största miljövinsten blir att sammanpressning av marken upphör. Mikroorganismer, markdjur och rötter kräver syre. När ett hjul pressar samman marken försvinner luften och det tar många år innan markens produktionsförmåga har återvunnits.

Tabell 2. Om ballonger ersätter traktorer och bilar uppstår både vinster och förluster i miljö

### **Övriga miljövinster**

Under en tioårsperiod med gles ungskog tar inte skogen upp lika mycket CO<sub>2</sub> som en gallrad skog  
Skogstraktornas hjul förstör inte markens syrehalt genom sammanpressning  
Fornlämningar förstörs inte av traktorhjul eller av maskinell markberedning. Boniteten bevaras  
Biodiversiteten bevaras genom att ett brett spektrum av ekologiska nischer kvarstår  
Jakt kan bedrivas lätt i en relativt öppen naturlig skog  
Skog blir mer naturlig vilket gynnar turism och skogens läkande effekt på sinnet  
Renbetet blir kvar när maskinell markberedning upphör och när trädlavar blir kvar i kronan på omogna träd

### **Övriga miljöförluster**

Glimtar av avlägsna blånande höjder blir färre när kalhyggen försvinner  
Skogen blir mindre åtkomlig när underhållet av skogsbilvägar blir meningslös

Vid långa bilfärder njuter vi när ett kalhygge gör att vi kan blicka ut över blånande höjder.

## **Diskussion**

Om ballonger och ballongtåg framgångsrikt kan användas för transporter inom skogsbruket, kommer ett sådant transportsystem givetvis att användas för många andra typer av transporter. Framtiden får utvisa effekterna av detta.

De utförda beräkningarna av energibehov för ballongernas drift etc. har begränsats till transport av virke. Utöver detta tillkommer energi för att kvista och kapa träd. Energitillbehovet av denna detalj har inte räknats med i de kalkyler som presenterats här.

Många antaganden som gjorts kan ifrågasättas. Antaganden och beräkningar redovisas i bilagorna.

Vi är övertygade om att den oerhörda reduktion av koldioxid som åstadkoms med ballonger inte förbyts till sin motsats genom andra antaganden. Mer exakta beräkningar får göras när prototyper finns att studera.

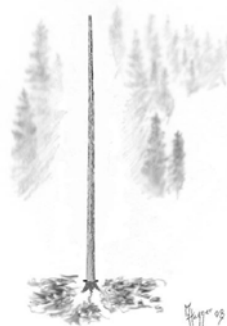
Kostnaden för ballonger och heliumgas har inte alls berörts i denna studie. Vi vill därför hastigt nämna något om detta. Våra studier av ballonger för virkestransport i Kanada 1995 (se bifogade foto) visade att enkla ballonger med en lyftkapacitet på 10 ton kunde användas i tio år innan materialet blev för gammalt. Det finns fabriker som tillverkar ballonger av önskad storlek och form.

Jägare kunde inte motstå frestelsen att beskjuta de ballonger som användes i Kanada. Konsekvensen av kulhål och övrigt läckage var emellertid inte större än att man tvingades att fylla på 10 % heliumgas en gång per år.

Kostnaden för heliumgas för att fylla hela ballongen var lika med värdet av en D7 Caterpillar. En sådan maskin kostar idag ca 3 miljoner kronor. Kostnaden för 10 tons lyftkraft under ett helt år motsvarar därför 300 tusen kronor/år. Till denna kostnad skall läggas kostnaden för anskaffning av en ny ballong vart tionde år, fyllning av denna med heliumgas, samt för framdrivning genom lufthavet. Gissningsvis kan detta röra sig om sammanlagt 1 miljon SEK/år. Om ballongen rör sig med 20 km/tim och är i drift 40 % av tiden förflyttar den sig  $365 \cdot 24 \cdot 20 \cdot 0.4 = 70080$  km. Om den kör med 10 ton åt ett håll men med enbart ballast (0 ton gods) åt det andra hållet, blir arbetet hos en ballong  $5 \cdot 70080 = 350400$  tonkm och hela driftkostnaden 2.9 SEK/tonkm.



Vi gör följande överslagskalkyl för en vanlig skotare. Den lastar 15 ton och kostar 2 miljoner. Skotarens livstid är 7 år om den används 50 % av tiden. Den rör sig med 8 km/tim över ett medelavstånd till väg på 0.22 km, dvs. 0.44 km per lass. Den tillryggalägger på sju år  $7 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 8 \cdot 0.5 = 245280$  km. Den kör tom halva vägen dvs. i medeltal med 7.5 ton. Arbetet blir  $245280 \cdot 7.5 = 1839600$  tonkm under skotarens livstid. Med en investering på 2 miljoner SEK blir investeringskostnaden 1.1 SEK/tonkm. Varje lass motsvarar 0.44 km varför den hinner köra 557454 lass. Enligt Skogforsk förbrukar en skotare 1.7 liter diesel per  $m^3$ . Ett lass motsvarar  $30 m^3$ , dvs. 51 liter per lass. Diesel kostar 13 kr/l, dvs. 663 SEK per lass. Varje lass motsvarar  $7.5 \cdot 0.44 = 3.3$  tonkm. Drivmedlet kostar  $663/3.3 = 201$  SEK/tonkm. Sedan tillkommer kostnaden för förare och underhåll. Man kan konstatera att terrängtransport med skogstraktor är ofantligt dyrbar i förhållande till alternativet ballong.



Fördelen med det skisserade systemet med enkla ballonger fyllda med heliumgas är att ett kontinuerligt skogsbruk blir optimerat om träden inte fälls. De bör kvistas och barkas stående. Detta kan ske med en robot som antingen placeras i trädet med en ballong, eller går på marken. Vid stubben görs ett kapsnitt från båda sidor och tråkilar sätts in i sågspåren. Stammen skakas loss av en transportballong. Man undviker då fällskador på grenar och stammar hos de träd som skall odlas vidare till full storlek. Näringen i bark och löv blir kvar inom ekosystemet.

En annan möjlighet som öppnar sig när ett luftburet transportsystem kommer till användning i virkesodling, är att gödsla med träkol. Vår uppfattning är att värdet av träkol är så stort att biobränsle i framtiden kommer att behandlas med pyrolys i stället för att brännas.

Värmeverket bränner endast den gas som skapas, men utnyttjar trots detta 80 % av den energi som lösgörs genom fullständig förbränning. Gasen kan efter rening av partiklar användas i kraftvärmeverk med gasturbin i kombination med ångturbin. Det ger då en hög verkningsgrad (ca 50 %) för tillverkning av el. Kvar blir träkol som tas tillbaka till skogen av de ballonger som levererar bränsle till värmeverket. Förhoppningsvis kommer försök med träkol utspritt i skogen att visa på samma tillväxtökning som inom jordbruket, dvs. 20 % ökning.

## Referenser

En rad antaganden har gjorts efter uppgifter som hämtats i Wikipedia.

Hagner, M. (2002) Propelled balloons for harvesting and transporting timber. *Forestry*.75,4, 495-499.

Lindroth, A. (2007) Låt skogen göra jobbet. *Sydsvenskan* se.26 Nov,

Lindroth, A., Lagergren, F., Grelle, A., Klemedtsson, L., Langvall, O., Weslien, P., Tuulik, J. (2009) Storms can cause Europe-wide reduction in forest carbon sink. *Global Change Biology*.15, 346-355.

Lundin, M., Svensson, U. (2009) Luftskeppens återkomst Rapport 1 SBUF finansierad förstudie om nytt transportslag inom byggsektorn. Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond Slutrapport.1, 1-60.

Lundin, M., Svensson, U. (2011) Luftskeppens återkomst. Rapport 2. Studie om vindkraftens utbyggnad i Sverige med fokus på transport och logistikfrågor. Vindkraftslogistik & Luftskeppstransporter. Energimyndigheten Slutrapport.2, 1-115.





# BILAGOR

## Virkestransport med timmerbil

### Antaganden

Virke har tätheten 0.5

Enligt Scania körs en lastbil 20 000 mil/år och släpper ut 170 ton CO<sub>2</sub>      Ton CO<sub>2</sub>/mil = 0.0085 ton/mil

Transportavståndet mellan skog och fabrik är i medeltal 5 mil

En lastbil lastar 50 ton virke på väg till fabrik men 0 ton på återvägen, dvs i medeltal 25 ton virke och 10 mil tor.

Sverige awerker och transporterar 90 miljoner kubikmeter/år.

Varje kubikmeter väger 0.5 ton. Totalt fraktas 45 miljoner ton virke. Varje lastbil tar 25 ton i 10 mil.

Den totala körsträckan blir då  $10 \cdot 45000000 / 25 = 18$  miljoner mil lastbilstransport.

Med 20 000 mil per lastbil blir detta 900 lastbilar.  $900 \cdot 170$  ton CO<sub>2</sub> blir det totalt 153000 ton

Enligt Scania släpper en av deras lastbilar, som körs snålt, 0.0085 ton CO<sub>2</sub>/mil

Totalt släpper lastbilar som fraktar 90 miljoner m<sup>3</sup> till såg och massafabrik ut  $0.0085 \cdot 18$  miljoner = 153 000 ton CO<sub>2</sub> per år.

Detta motsvarar  $153000 / 90\ 000000 = 0.0017$  ton<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

## Bygga av lastbilar

Enligt Scania släpper man ut 225 000 ton CO<sub>2</sub> vid tillverkning av 83987 fordon dvs 2.7 ton/fordon.

Om skogsbruket behöver 900 lastbilar som var och en räcker i 10 år förbrukas  $90 \cdot 2.7 = 243$  ton CO<sub>2</sub> per år för tillverkningen.

## Virkestransport med skogstraktor

Enligt Magnus Thor vid Skogforsk är CO<sub>2</sub> utsläpp från skotarna 477 000 ton/år för frakt av 90 miljoner m<sup>3</sup>.

Med ett medelavstånd på 300 m till väg blir utsläppet  $477000 / (0.3 \cdot 2) = 795000$  tonCO<sub>2</sub>/km

Utsläppet per m<sup>3</sup> från skotarnas terrängtransport blir  $795000 / 90\ 000000 = 0.0088$  tonCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>

## Virkestransport med heliumfylld sfärisk ballong med Ottomotor för drift av propellrar.

Verkningsgraden i en Ottomotor är idealiskt 30 %. Vi säger därför att vid praktisk drift är verkningsgraden 20 %

Om motorn under ballongen skall producera 7.7 hk, dvs 5.66 kW skall motorn utveckla  $7.7 / 0.2 = 40$  hk eller 29.4 kW

## Virkestransport med heliumfylld sfärisk ballong med Ottomotor för drift av propellrar.

Verkningsgraden i en Ottomotor är idealiskt 30 %. Vi säger därför att vid praktisk drift är verkningsgraden 20 %.

Ballongen är endast verksam på natten när vindarna är svaga.

### Stillastående arbete. .

Detta uträttas vid hämtning av en trädstam och vid leverans av virke vid sågverket. Det utgör endast 5 % av arbetstiden  
Motorn under ballongen + utrustning (=5 ton) skall kunna motstå 5.6 m/sek.

Dess propellrar skall producera 7.7 hk, dvs 5.66 kW skall motorn utveckla  $7.7/0.2 = 40$  hk eller 29.4 kW

Mestadels är vinden hälften så starkt, varför motorstyrkan endast behöver utveckla en kraft på 25 %, dvs 10 hk eller 7.4 kW

Utifrån ovanstående tre antaganden konstateras att motorstyrkan 10 kW krävs under 5 % av arbetstiden.

### Transportarbete mellan skog och industri. Detta arbete utgör 95 % av arbetstiden och sträckan är 5 mil.

Ballongerna känner till andra ballongers mål och transportvägar. .

De väntar på ballongtågens ankomst och flyger i medvind eller sidvind för att ansluta

Tiden för att vänta och att ansluta ett ballongtåg utgör 20 % av arbetstiden

Motorstyrkan under denna fas av arbetet växlar mellan 0 och 30 kW. Antag att medeltalet är 10 kW.

Efter att ballongen anslutit sig till ett ballongtåg blir arbetsinsatsen för en enskild ballong starkt reducerad, trots att tåget rör sig mycket fort, exempelvis med 60 km/tim

### Ballongtåg

Ballongtåg med 10 ballonger med lastkap 5 ton i 60 km/tim, drivs med 62 hk ( $62/1.36 = 46$  kW)

Detta motsvarar en lastbil.

För timmertransport från skog till sågverk o fabrik krävs 900 lastbilar som sammanlagt kör 18 miljoner mil per år.

Varje bil tar 50 ton virke åt ena hållet och 0 ton virke vid återresan, i medeltal 25 ton \* 180 miljoner km = 4500 miljoner tonkm

De 10 ballongernas motorer samverkar så att de tillsammans utvecklar 46 kW. Det betyder idealiskt 4.6 kW per ballong.

Förluster uppstår emellertid pga turbulens varför 5 kW krävs

### En enskild ballongs arbete

Enligt ovanstående antaganden krävs en motorstyrka på 10 kW under 25 % av arbetstiden och 5 kW under 75 % av arbetstiden, .  
dvs sammanvägt 6.25 kW

Ballongen fraktar 5 ton virke eller 10 m<sup>3</sup>.

Det totala arbetet motsvarar lastbilstransporterna av idag (terrängtransporterna utgör en negligierbar del) dvs 4500 miljoner tonkm

Varje ballong fraktar 5 ton varför den totala vägsträckan blir  $4500/5=900$  miljoner km

Visserligen måste ballongen flyga mot ballongtåget initialt, och vid utträdet flyga från ballongtåget till industrin.

Detta avviker från "fågelvägen"

Bilar kan inte heller köra fågelvägen eftersom diken och kurvor förhindrar detta. Därför antas att fraktavståndet blir detsamma för bil och ballong.

Ballongen bär på virke åt det ena hållet, men på ballastvatten med samma tyngd åt det andra hållet.

Bilar bär på 50 ton virke åt det ena hållet och behöver då utveckla 360 hk medan återresan är utan last. Då krävs endast 200 hk.

I medeltal alltså 280 hk eller 206 kW

### Jämförelse av energiåtgången vid nuvarande system med energiåtgången vid ballongsystemet

900 bilar fraktar allt virke och de behöver 206 kW vilket blir sammantaget blir  $206*900= 185400$  bilkW

9000 ballonger fraktar allt virke och de behöver 6.25 kW vilket sammantaget blir 56250 ballongkW

SLUTSATS Ballongsystemet kräver endast  $56250/185400=0.303$  dvs 30 % av energin

Till detta skall läggas att

\*\*energin för terrängtransporterna bortfaller helt

2012-02-15 från Skogsstyrelsens hemsida:

Ur energisynpunkt och därmed indirekt naturvårdssynpunkt innebär en skotares virkestransport i terräng 40 till 50 gånger mer energiförbrukning jämfört med om samma transportarbete utförs med lastbil på väg.

-----

2012-03-09 18:15 - M-teknik:

Vägbyggens miljöbelastning klart underskattad

– Byggnad och underhåll av vägar står för uppskattningsvis 2,5 till 3 miljoner ton koldioxid per år, säger Susanna Toller, forskare på avdelningen för miljöstrategisk analys vid KTH.

– Tidigare har man bara fokuserat på fordonens utsläpp, därför finns det ett behov av att analysera hela situationen för att få en

heltäckande bild, säger forskaren Sofiia Miliutenko, som precis har blivit klar med en licentiatavhandling i ämnet.

2,5 till 3 miljoner ton koldioxid motsvarar upp mot 15 procent av utsläppen från Sveriges inrikestransporter, så slutsatserna borde få stor betydelse för framtida trafikplanering.

-----  
Energibehov för skogstraktorer.

I Sverige avverkades år 2010, 90 miljoner m<sup>3</sup> virke.

Enligt Magnus Tor på Skogforsk drar skördare + skotare i snitt 1,7 liter diesel per m<sup>3</sup> virke framkört till väg vid slutavverkning.

Vid gallring skördas 25 % av allt virke, dvs. 20 miljoner m<sup>3</sup>. Då sysslar både skördare och skotare med mycket små träd, vilket innebär större maskintid per avverkad m<sup>3</sup>. Vi antar att förbrukningen därför är 2.0 liter diesel per m<sup>3</sup>.

Traktorernas förbrukning är därför  $1.7 \times 70 \text{ milj} + 2.0 \times 20 \text{ milj} = 159$  miljoner liter diesel/år.

Enligt professor Ångström vid Tekniska Högskolan i Stockholm ger en liter diesel upphov till ca 3 kg CO<sub>2</sub>.

Skogstraktorer ger således ifrån sig  $3 \times 159 = 477$  miljoner kg CO<sub>2</sub> (detta motsvarar 130 miljoner kg rent kol). Omvandlingstal 3.67 kg CO<sub>2</sub> ger 1 kg rent kol

2012-03-29

Enligt muntlig uppgift från energi- och miljöchef Helén Axelsson, tel 08 679 17 39, mobil 070 370 92 31, på Jernkontoret går det åt ungefärligen 2 kg CO<sub>2</sub> / kg stål från råstål och 0,4 kg från skrot.

Huvudparten av CO<sub>2</sub>-utsläppen kommer från järnmalmsprocessen alltså från järnoxid till järn. Om vi antar att det är lika delar råstål och stål från skrot i en skogstraktor ger det följande överslag:

För att tillverka en skogsmaskin på 15 ton avges då ca  $15 \text{ (ton)} \times (2+0,4)/2 = 18 \text{ ton CO}_2$

Anders Lindroth 2012-04-07

Till Mats Hagner

1. Utsläpp från ett färskt hygge = ca  $400 \text{ gC/m}^2/\text{år} = 400 \times 44/12 \text{ g CO}_2/\text{m}^2/\text{år} = 1467 \text{ g CO}_2/\text{m}^2/\text{år} = 15 \text{ ton CO}_2/\text{ha}/\text{år}$  (avrundat)

Denna siffra känner jag mig tämligen säker på. Den har bekräftats av mätningar på andra hyggen i vårt avlånga land.

2. Om vi säger att denna emission minskar linjärt med tiden så att systemet är i balans efter 10 år (vi är konservativa och sätter inte 15 år här för att inte överskatta effekten) så kan vi räkna ut den totala emissionen under 'hyggesfasen' som  $15 \times 10/2 = 75 \text{ ton/ha/hyggesfas}$

3. Slutavverkningar på 200 000 ha per år ger då att  $200000 \times 75 = 15 \text{ miljoner ton koldioxid per år}$  (fast utspritt över 10 år)