

Luftskeppens återkomst

Av Matts Lundin och Ulf Svensson, mars 2009



SBUF finansierad förstudie om nytt transportslag inom byggsektorn

Av Matts Lundin, Ulf Svensson

STOCKHOLM, SWEDEN

Telefon: 08-6429312 (Matts), 08-877729 (Ulf)

lundin.matts@bredband.net

ulfmorgan@gmail.com

”Det nya skärskådas alltid på det gamlas villkor. Det gamla bestämmer villkoren och ser det nya som del av det gamla. Det nya kämpar för att förbli nytt och det gamla för att det nya skall dra något gammalt över sig. Det gamla försöker förklara vad som är realistiskt när det nya försöker skänka realismen nya innerbörder.

”Realismen” blir tyvärr alltför ofta till ett monopolföretag, som drivs av det gamla med mördande reklam. Samtidigt med detta radar historien, som på ett visdomens radband, upp händelser och produkter som befriat oss och sprängt gränserna för realismen, men som när de först dök upp som idéer betraktades som enbart nonsens, eller som uttryck för naivitet.”

Ingeman Arbnor, professor i företagsekonomi

Innehållsförteckning

0. FÖRORD	5.
1. INLEDNING	6.
2. VÅRT UPPDRAG	7.
3. SAMMANFATTNING	12.
4. HUVUDSLUTSATSER	16.
4. BAKGRUND OCH HISTORIA	20.
5. VARFÖR LYFTER ETT LUFTSKEPP	26.
6. LYFTKRAFTENS STORLEK	27.
7. OLIKA TYPER AV LUFTSKEPP	28.
8. SPECIFIKA VARIABLER – NÅGRA EXEMPEL	29.
9. TVÅ MODELLFÖRETAG	32.
10. DEFINITION AV TYPFALL	38.
11. JÄMFÖRANDE ANALYS	42.
12. UTBUD, PRESTANDA OCH KAPACITET	47.
13. SLUTSATSER	49.
14. FORTSATTA STUDIER OCH FÖRDJUPAD ANALYS	50.
15. FRAMTIDEN	56.
16. REFERENSER	62.
17. RAPPORTFÖRFATTARNA	63.

Förord

Denna förstudie har tillkommit som ett resultat av stor nyfikenhet och bedömningen att nya transportlösningar krävs för att lösa en rad framtida problem inom byggsektorn.

Under arbetets gång har det visat sig att tillgång till information om specifika företag och specifika projekt inom lättare-än-luft-branschen avgörs av hur förväntningar och förhoppningar ser ut då det gäller vad vi på sikt kan erbjuda i gengäld. Det finns nämligen en konkurrenssituation i branschen, som ibland skapat svårigheter att få ut uppgifter som är centrala, för att kunna undersöka och bedöma realismen i förslag och initiativ som tas inom lättare-än-luft-området (även benämnt luftskeppsteknologi). Samtidigt utvecklas dock ett alltmer omfattande samarbete mellan olika aktörer, då de investeringar som krävs, liksom mängden forskning, kunskaps- och erfarenhetsinhämtning som erfordras, är alltför omfattande för att hanteras enskilda aktörer.

De typfall som vi utifrån vårt uppdrag har definierat för luftskeppsproducenterna, är olika konkreta, potentiella transportuppdrag inom Sverige. Ett exempel är utbyggnaden av vindkraften, som visar på en transportlogistisk utmaning där delar av de ingående komponenterna är väl lämpade att hanteras av denna teknologi. I ett initialskede handlar det om tunga lyft, men på sikt är teknologin intressant även ur ett service- och underhållsperspektiv under hela vindkraftverkens livstid, liksom för vissa specifika långdistanstransporter.

Referensgruppen har spelat en stor och avgörande roll för vilka typfall som valdes samt uppgifter och data kring dessa fall. Vi vill härmed tacka referens- och arbetsgruppen för gott samarbete; Claes Dalman PEAB, Stefan Lindbäck Lindbäck's Bygg, Thomas Olofsson Luleå Tekniska Universitet, Lars Gutwasser PEAB, Gunnar Ahldén Schenker och Fredrik Anheim NCC.

SBUF, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, har finansierat förstudien. PEAB är sökande och teknologie doktor Matts Lundin är projektledare.

Stockholm 2009-03-30

Matts Lundin, projektledare och Ulf Svensson, utredare

1. Inledning.

Vår nuvarande regering har via flera propositioner lagt grunden till den framtida transportpolitiska inriktningen. I propositionerna ”Framtidens resor och transporter –infrastruktur för hållbar tillväxt” samt i ”Mål för framtidens resor och transporter” framgår dock att den övergripande målformuleringen kvarstår som oförändrad mot tidigare; ”Transportpolitikens mål ska vara att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet.” Däremot har man i syfte att bland annat underlätta både styrningen av den praktiska transportpolitiken och uppföljningen av densamma omformulerat de sex tidigare transportpolitiska målen till två nya mål – ett funktionsmål och ett hänsynsmål. Funktionsmålet lyfter fram tillgänglighet som centralt mål medan hänsynsmålet på motsvarande sätt framhåller målen säkerhet, miljö och hälsa.

I denna förstudie diskuteras på vilket sätt som ett nytt transportslag, lättare-än-luft teknik, kan påverka transportmöjligheterna och lönsamheten i tre konkreta bygg- och anläggningsfall. Fallstudien rymmer även en kort diskussion om vad som händer om man ser över design- och logistikprocesserna för de fall som valts. Men studien är även påverkad av energi och klimatfrågorna som blir alltmera centrala för framtidens liv och näringsliv som karaktäriseras av mycket snabba förändringar. Nu ställs till exempel nya och högre krav på våra transporter. Framförallt pågår ett arbete inom EU som starkt påverkar oss i Sverige. Ett exempel på den nya utvecklingen är att utbudet av transporter kan sägas ”stramas åt” genom att olika regeringar vill styra dessa mot vissa transportslag. Inom hela EU finns en strävan att styra över gods och varor från vägtrafik till sjö- och järnvägstrafik, en strävan som hitintills visat sig vara svår att åstadkomma och där de nuvarande styrmedlen visat sig vara otillräckliga. I framtiden får vi därför räkna med ökade kostnader där exempelvis trängsel- och miljöavgifter kommer att bli både vanligare och allt högre om de ska ge effekter. Parallellt ser vi även att efterfrågan ”stramas åt” av delvis samma skäl. De som köper transporter, men även kunder och konsumenter, kommer kräva att transporterna blir klimatneutrala, energieffektiva samt miljövänliga. Detta förändrar efterfrågan i grunden. Att göra ”mer med mindre” kommer att bli en överlevnadsfråga för transportbranschen. På vilket sätt kan då lättare-än-luft farkoster, luftskepp, påverka detta scenario. Om detta handlar denna rapport som tar sin utgångspunkt i bygg- och anläggningsbranscherna.

2. Vårt uppdrag

Målet med vår förstudie är i korthet att beskriva byggbranschens behov i dag av transportlösningar med luftskepp, lättare-än-luft teknik, i relation till vad som är praktiskt möjligt. De framtida möjligheterna med denna teknologi ska behandlas som en mindre separat del enligt vårt uppdrag.

Vi kan inte påstå att behoven av lättare-än-luft transporter fanns formulerade inom byggbranschen utan snarare har vi frågat branschen om intresset för att undersöka möjligheterna. Vi fann då ett stort intresse som dels bygger på att byggbranschen som alla andra branscher söker effektivare transport- och logistiklösningar, dels att det finns en stor öppenhet för att söka okonventionella lösningar på praktiska byggproblem. Dessutom har vi kunnat konstatera att iden att använda luftskeppstransporter kommit att diskuteras som en möjlig, framtida transportlösning i samband med utvecklingen av prefabricerade hus. Dessa planer har dock aldrig offentligt gjorts utan har behandlats internt inom företagen.

Uppdragets genomförande

Den ursprungliga planen var att besöka de viktigaste luftskeppsproducenterna och operatörerna för att på ort och ställe kunna bedöma hur långt dessa idéer har kommit. Av ett 10 tal företag har undersökningen av budgetskäl begränsats till två företag som vi själva, men också andra inom branschen, bedömer som dynamiska. Det första företaget är CargoLifter i Tyskland som efter en turbulent resa, insolvens råder för ursprungsbolaget, återstartat sin verksamhet men i nytt bolag och i en ny konstellation. Delar av den tidigare ledningen har samlat ihop de medarbetare och framstående aktieägare som bland annat starkt bidragit till att man kunnat utveckla sin unika kran-ballong lösning som gick under namnet CL 75. Med denna ballong-kran lyfte man 55 ton utan några som helst problem. Denna farkost havererade i samband med en orkan där ballongen var förankrad utanför hangaren vid anläggningen i Brandt utanför Berlin. Den borde antingen varit inne i hangaren eller nedpackad för vidare transport. I bolagets framtidsplaner finns även luftskeppsfarkoster för närtransporter och långdistansleveranser.

Det andra företaget vi haft kontakt med är Aerostatica som är ett ryskt bolag med säte i Moskva. Bolaget drivs främst av en forskare och innovatör som också är professor på The Academy of Aviation and Aeronautics Science. Den produkt som detta företag utvecklar

är mer traditionellt beträffande inriktningen, luftskepp för långväga transporter, även om den design- och konstruktionslösning som valts måste betecknas som helt unik. Överhuvudtaget är ryska lösningar för flyg- och rymdindustrin ofta mycket annorlunda och okonventionella i ett västerländskt perspektiv men fungerande, robusta och med hög innovationshöjd.

För att också samla in information om branschen i sin helhet har vi deltagit i en internationell luftskeppskonferens i Tyskland. Konferensen ”7TH International Airship Convention 2008” vilket innebar att vi fick en rad värdefulla kontakter med luftskeppsinitiativ, företag och leverantörer till olika försvarsmakter som på ett eller annat sätt är en del av denna industrigren.

Fallstudier som del av behovsanalysen

För att undersöka realismen i användningen av lättare-än-luft lösningar har vi granskat tre olika byggfall som representerar vitt skilda problemställningar inom byggbranschen. Det första fallet är volymbyggda hus och möjligheterna att dels frakta dessa enheter med luftskepp, dels använda denna teknologi för att lyfta enheterna på plats vid den aktuella byggplatsen. Det andra fallet är byggnationen av vindkraftverk och möjligheterna att använda lättare-än-luft teknik i samband med uppförande av en vindkraftspark. Det tredje fall vi valt är en byggarbetsplats och möjligheterna att använda en ballonglösning för tunga lyft. Dessa fall har sedan de renodlats ställts mot de erfarenheter som luftskeppsföretagen har av lättare-än-luft teknikens komparativa fördelar vilka därefter framträtt på ett tydligt sätt. Viktiga parametrar att beakta visavi hur man gör i dag är kostnader, prestanda, miljöargument och miljöfaktorer, befintliga och potentiella logistikkedjor.

Varför undersökningar av transporter och byggverksamhet

Byggbranschens transporter kan ses i ljuset av olika alternativa ekonomiska framtidsbilder. En bild är vårt eftersatta underhåll och svårigheten att vidmakthålla vår infrastruktur. Med nya krav på transportlösningar från samhället, kunderna och marknaden som är miljöanpassade, kostnadseffektiva, kan ingå i effektiva logistikkedjor och så vidare skärps kraven hela tiden på transportsektorn. Både Vägverket och Banverket har konstaterat att underhållet av våra vägar och järnvägar har släpat efter. Detta beror på en rad skilda omständigheter som kraftiga trafikökningar som inte fångats in i statens prognoser, att budgetmedlen till underhåll skurits ned, stora kostnadsökningar på arbetskraft och material samt energi som några delförklaringar. De båda trafikverken

konstaterar att på den nuvarande anslagsnivån kan man inte upprätthålla den nuvarande standarden och självfallet inte heller uppgradera den till nya framtidskrav.



Bildtext. I dag används olika typer av kranlösningar när man skall lyfta på turbiner, generatorer, hubbar och sektioner. I takt med att vindkraftverken blir högre, i dag talar man om torn som är mellan 130 till 160 meter höga samt att ingående delar blir allt tyngre och allt längre som exempelvis turbinerna till den nya generationens vindkraftverk som ska fånga upp även svagare vindar (turbiner upp till 55 meter långa), ställs också högre krav på de kranar som ska utföra detta arbete. En fördel med ballonglyft är att dessa kan arbeta utan att lyftkraften minskar i både höjd- och sidled. Lyftkraften är således konstant jämfört med en kranlösning där lyftförmågan minskar ju längre man förflyttar sig från kranens mitt.

Forskning visar också att möjligheterna att i framtiden använda markbundna transporter, det vill säga vägar och järnvägar, för att lösa våra transportproblem har stora begränsningar som inte bara har med ekonomi att göra. Just nu pågår en framtidsstudie inom IVA som behandlar transportsektorns utmaningar och även där utgår man från att markbundna transporter kommer att möta stora kapacitetsproblem av olika slag.

En annan restriktion eller komplikation inom infrastrukturen berör möjligheterna att frakta skrymmande laster. Dessa marginaler är i praktiken små och så fort dessa mått- och viktbestämmelser överskrids blir transporterna antingen alltför kostsamma eller mycket komplicerade eller att man får välja alternativa lösningar eller att transporterna (och affärerna) helt enkelt inte blir av.

EU stött projekt för luftskeppstransporter

Som ett led i utvecklingen att göra EU till den mest ekonomiskt dynamiska regionen i världen har transportsektorn kommit i ny fokus. Miljöfrågorna står naturligtvis högt på denna dagordning men även frågor som har att göra med möjligheterna att bygga och underhålla infrastrukturen eftersom detta är en tung post i de flesta staters budgetar. En rad analyser, projekt och initiativ har därför startats där syftet är att hitta smarta lösningar på olika transportproblem eftersom transporter är en nyckelfaktor för ekonomisk tillväxt. I denna kontext har VEATAL initiativet tillkommit (Validation of an Experimental Airship Transportation for Aerospace Logistics) och detta handlar om luftskeppens roll i det framtida, globala transportsystemet. Initiativet har tagits inom Europeiska Kommissionen och ramen för sjätte Europeiska ramprogrammet vilket gör att det är välförankrat och väldefinierat. Utgångspunkten för initiativet är följande (fritt översatt);

Ökat utbyte av transporter, till följd av fortsatt globalisering, kommer att kräva;

- att lasterna blir tyngre, större, odelbara och prefabricerade,
- att leveranserna alltid kan ske, i alla väder, till alla platser, på alla underlag, dörr-till-dörr och inga krav på infrastruktur (infrastructure-free),
- att fraktföretagen blir mångkampare, det vill säga kan hantera alla transportsätt i en och samma transportkedja och att när luftskepp förflyttat sig på långa distanser så ska de kunna landa och lyfta med automatik samt vara ekologiska föredömen.

Ovanstående utgångspunkter, som måste anses vara mycket ambitiösa och krävande, kompletteras med följande målsättningar för VEATAL initiativet;

- utmana luftskeppsföretagen att delta i uppfyllandet av ovanstående behov och krav,
- inleda en hållbar och långsiktig dialog med befraktarna inom industrin för att granska den logistiska potentialen i syfte att gynna europeisk rymdindustri och andra potentiella industrier,
- hålla industrins logistiker informerade om vilka förtjänster luftskeppssystemen har baserade på evidensbaserade rapporter om transportförsök från fullskaletest,
- gynna och övertyga den europeiska och ryska luftskeppssamhällena att sammanslå deras kunskaper till praktiska lösningar för väl definierade behov, interoperabilitet och kompletta luftburna och markbunden logistiksystem och servicelösningar.

Detta initiativ berör således inte bara EU och Europa utan också Ryssland, som representeras av företaget Aerostatica, samt även Brasilien. Faktum är att man söker globalt utvecklingskapital och intressenter inom olika segment men syftet är framför allt att stötta Europeiska intressen inom transport- och logistikområdet med tillhörande industriintressen.

Transporter eller nya design- och logistiklösningar

Vi vill inledningsvis också understryka vikten av att inte se transporterna som helt skild från konstruktions-, design- och logistiklösningar. Framförallt har CargoLifter fördjupat sig inom dessa arbetsområden och kunnat konstatera att nya sätt att se på transportlösningarna också kastat nytt ljus över övriga frågor av relevans för ett affärsupplägg och möjligheterna att integrera dessa i planeringen av nya projekt. Exempelvis kan en högre transportkostnad bäras av en tidigarelagd intäkt. Det vill säga att om man fraktar en vara eller maskin som direkt vid framkomsten är startklar och debiterbar och jämför detta med ett alternativ där delarna körs separat, byggs ihop på plats, får kvalitetsproblem och så vidare kan lönsamheten i det förra alternativet vida överstiga det senare alternativet även om själva transporten blir dyrare. Överhuvudtaget är detta problemkomplex en central del av utvecklingen av lönsamma och ekonomiskt bärkraftiga lösningar med lättare-än-luft tekniken.

3. Sammanfattning

Bakgrund

Bygg- och anläggningsindustrin står inför flera utmaningar inför framtiden varav olika typer av transporter är en. Uppgiften i denna förstudie har därför varit att ta reda på den potential som finns med en ny transportteknik, lättare-än-luft eller luftskepp, och beskriva i vilka kontexter som denna teknik i dagsläget skulle kunna utgöra ett alternativ till befintlig teknik. Det finns en rad bygg- och anläggningsprojekt runt om i världen som anammat dessa idéer och som nu står beredda att använda lyftballonger och luftskepp för skarpa projekt. Alternativen till att använda luftskepp har ansetts som både mer kostsamma och/eller mer komplicerade. Hittills har intresset för att använda denna teknologi främst funnits i områden där befintlig infrastruktur antingen varit undermålig eller obefintlig. Nu finns starka tecken på att även andra geografiska områden är intressanta.

Syfte

Syftet med denna förstudie är att för byggindustrin beskriva hur långt luftskeppsproducenterna kommit med att utveckla lättare-än-luft tekniklösningar och vad detta kan innebära för specifika byggprojektet i Sverige. Av budgetmässiga skäl har studien begränsats till att kontakta två företag, tyska CargoLifter och ryska Aerostatica, som båda visat prov på trovärdiga konstruktioner. I CargoLifters fall har man utvecklat en fullskalemodell för sitt lyftballongsystem och visat att denna fungerar i praktiken. Aerostatica har för sin del tagit fram en rad prototyper som inte varit avsedda för fraktändamål utan som testluftskepp för att visa att konstruktionsprinciperna fungerar.

Genomförande

Genom dialog mellan vår referensgrupp, externa aktörer på byggmarknaden, större byggprojektägare, företrädare för vindkraftsindustrin samt direktkontakter med två luftskeppsproducenter har projektet successivt utvecklats. Urvalet av dessa producenter har gjorts utifrån ett 10-tal viktiga företag inom luftskeppsbranschen. Det stod tidigt klart att den internationella luftskeppskonferensen i Friedrichshafen, Zeppelins födelsestad och Zeppelins hemmahamn, var en central plats för att undersöka var marknaden befinner sig i dag. Kontakter har också tagits med företrädare för en rad andra luftskeppsföretag än de som nämnts ovan som antingen har för avsikt att producera luftskepp eller använda luftskepp. Vi har även haft kontakt med potentiella kunder för luftskeppstransporter. En

central del av genomförandet av denna förstudie har varit att ta fasta på konkreta byggprojekt i Sverige, där vår referensgrupp spelat en avgörande roll för vilka projekt som slutligen valdes ut för en djupare analys.

Typfall

För att utgå från verkliga fall inom byggnadsindustrin har vi tillsammans med vår referensgrupp valt tre olika typfall som analyserats. Typfallen berör byggandet av en vindkraftspark, transport och uppförande av volymbyggda hus samt en platsbyggd byggnadshall. Alla dessa tre typfall innehåller moment av lyft, närtransporter och distanstransporter vilket gör dessa exempel generaliserbara till även andra projekt inom byggverksamhet.

Resultat

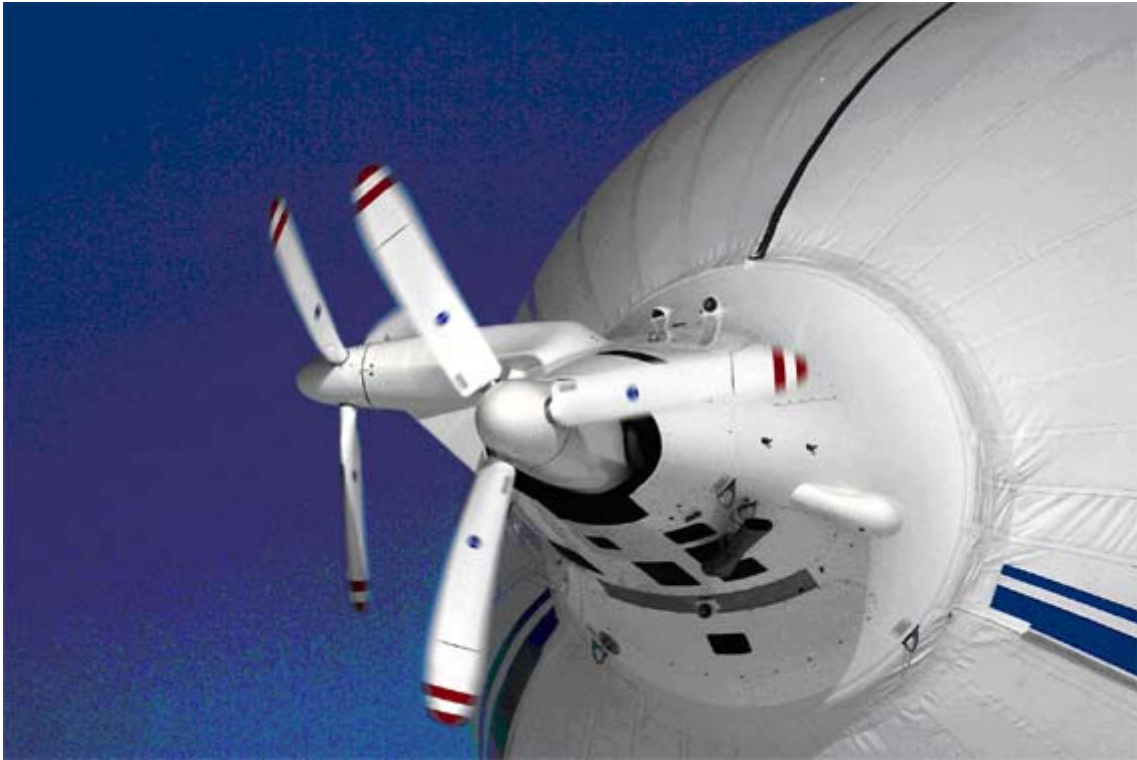
Utifrån ovanstående typfall har vi fått svar från luftskeppsproducenterna att det dels går att genomföra de lyft respektive de transporter som beskrivits i våra typfall, dels att det är meningsfullt ur ekonomisk-teknisk synvinkel att genomföra fördjupade analyser för att mera exakt avgöra den ekonomiska och tekniska nyttan med föreslagen lättare-än-luft teknik. Andra resultat av förstudien är i korthet följande;

- a) Att CargoLifter utvecklat ett avancerat styrsystem för att kunna beräkna och styra tunga lyft där man via en programvara kan man hålla ordning på alla krafter som är i rörelse vid ett lyft. Sensationellt är att lastkroken kan möta mycket högra krav på precision som motsvarar minst de krav som ställs på en konventionell kran men att man även kan överträffa dessa krav.
- b) Att Cargolifters lyftsystem inte är speciellt vindkänsligt utan kan operera vid 10 meter per sekund vilket gör den konkurrenskraftig gentemot andra lyftalternativ.
- c) Att den pågående klimatförändringen gör vägar och isvägar ofarbara under alltlängre perioder vilket ökar intresset för andra transportalternativ.
- d) Att avsaknaden av fungerande infrastruktur, och därmed fungerande transporter, gör att viktiga humanitära behov inte kan tillfredsställas respektive att potentiella marknader och geografiska områden inte kan ingå i den globala handeln.
- e) Att klyftan ökar mellan transportefterfrågan respektive transportutbud som är energieffektiva, miljövänliga och klimatneutrala.
- f) Att det finns en växande marknad för ett transportutbud som är tekniskt avancerad och där logistiklösningarna både är miljömässigt och ekonomiskt attraktiva vilket öppnar nya möjligheter för svensk industri.

- g) Att det finns planer på att bygga luftskepp som ska kunna bära laster från cirka 25 ton, 50 ton respektive 70 ton som är långt framskridna.
- h) Att en fördjupad förstudie snabbt skulle kunna genomföras tillsammans med CargoLifter respektive med Aerostatica där de tre valda typfallen beskrivs och analyserades mera i detalj.
- i) Att en mera bred förstudie startas där samtliga kända luftskeppsföretag presenteras som arbetar med tunga transporter.
- j) Att utbyggnaden av vindkraftparker i Sverige analyseras med fokus på regioner, infrastruktur, transport och hantering av skrymmande och tunga transporter och lyft, inklusive en analys av luftskeppsutbudets potential på denna marknad.
- k) Att de egenskaper som luftskepp representerar kan sammanfattas i följande sammanställning; 1) är tystgående, 2) är miljövänliga på flera skilda sätt, 3) kan operera 24 timmar i ett stadslandskap eftersom man är tystgående, det vill säga mycket hög tillgänglighet, 4) utsläppen är små med tanke på liten motorstyrka för att transportera tunga laster, 5) kan leverera gods point-to-point vilket innebär att man inte behöver omlastningscentraler, 6) stör inte andra transportslag, 7) små anspråk på infrastrukturinvesteringar, 8) kan nå alla platser, 9) kan lätt etablera nya transportrutter och därmed serva nya marknader, 10) kan ingå i olika logistikkedjor, 11) är inte belastade med invanda tankemönster och traditioner inom transportområdet, 12) kan lätt utbyta last mellan andra transportslag.

Slutsatser

Slutsatsen är att det redan i dag är intressant att jämföra lättare-än-luft lösningar med dagens teknik och arbetssätt. Även miljömässigt bedöms lättare-än-luft tekniken vara ett betydligt fördelaktigare alternativ. I ett nästa steg kan man även värdera alternativa design-, konstruktions- och logistiklösningar av föreslagna typfall. Fokus läggs därmed på lösningar som är mer anpassade till de komparativa fördelarna med lättare-än-luft tekniken.



Bildtext. En del av den succé som Zeppelins NT (Zeppelin Neuer Technologie) gjort beror på det styrsystem och den propellerkonstruktion som integrerats i luftskeppet. Med två vridbara propellrar i aktern av luftskeppet utvecklar man en förmåga att manövrera farkosten med precision och exakthet som är imponerande. Tillsammans med de två andra motorerna, som är fästa vid vardera långsidan av luftskeppet och som också är vridbara, kan man därför genomföra uppdrag som kräver hög precision som exempelvis när ett av luftskeppen utförde olika geologiska undersökningar i Botswana för diamantföretaget De Beers. Här skulle man följa ett rutsystem så exakt som möjligt för att göra en noggrann kartering av ett stort markområde. Andra exempel på användningsområden för Zeppelin NT är; luftburen arkeologi, exploatering av naturresurser, kartografi och mätningar till exempel inom klimatområdet, oceanografi, överflygningar över pipelines och kraftledningsgator, gränskontroll, övervakning av vattenvägar och fiskeplatser, upptäckt och beräkning av minfält, flygande kommunikationscentral vid större katastrofer, relästation och plattform för TV sändningar, varningsplattform för bränder, rekognosering för fredsbevarande styrkor, som ett axplock över genomförda och föreslagna projekt.

4. Huvudslutsatser

Begränsat utbud av infrastruktur i framtiden

Det framtida utbudet av infrastrukturen i Sverige – både väg och järnväg – förväntas bli mer begränsad i relation till transportmarknadens efterfrågan av tillräcklig kapacitet för godstransporter på både väg- och järnvägsnäten. SIKAs bedömningar visar att de framtida investeringarna i infrastrukturen ej är tillräcklig. I dagsläget är bedömningen att investeringsvolymerna i infrastrukturen i huvudsak enbart täcker behovet av underhållet av den befintliga infrastrukturen. Det innebär att konflikten mellan utbud och efterfrågan kommer att accentueras. Kravet på en ökad effektivisering av godstransporterna på det tillgängliga nätet kommer därför också att öka. Ytterligare en konsekvens blir att intresset för luftrummet kommer att öka vilket är ett viktigt skäl till att intresset ökat för att utnyttja luftskeppsteknologin för speciella godstransporter, på vissa relationer och för vissa godsslag även i Sverige.

Förstudien visar på ett stort och ökande intresse för att utnyttja transportmöjligheterna i luftrummet. Skälen till detta är flera;

- a) Den registrerade klimatförändringen på norra halvklotet som innebär att befintlig infrastruktur, som vägar och isvägar i områden i Kanada och Ryssland, blivit ofarbara under allt längre tidsperioder än tidigare.
- b) Att avsaknad av en fungerande infrastruktur, i samband med återkommande översvämningar eller vid exploateringar eller vid naturkatastrofer eller vid krigsliknande förhållanden eller vid brist på medel för att bygga och underhålla infrastrukturen, gör att företag och internationella organisationer haft svårt att kunna utföra sina uppdrag.
- c) Energi och miljökrisen i världen har inneburit en ökad fokusering på transportmöjligheter som är energieffektiva, miljövänliga och klimatneutrala. Fordons- och farkostsystem som kan forma särskilt effektiva transport- och logistikkedjor kommer lättare att kunna få utvecklingsmedel i takt med att klyftan vidgas mellan transportutbud och transportefterfrågan.
- d) Transport- och logistiksystem som klarar av att överbrygga de utmaningar som vi konstaterat finns öppnar också upp för nya affärs- och marknadsmöjligheter som tidigare inte existerat. Redan i dag skapas de flesta nya arbeten inom områden som bygger på teknik eller tjänster som bara för några år sedan var näst intill omöjliga att förutse.

Lättare-än-luft lösningar existerar och expanderar

Denna förstudie visar att lättare-än-luft lösningar har fått ett uppsving under senare år på grund av diversifierade marknadsbehov, teknikutveckling och utförda prestationer. Det som nu står i fokus för många som arbetar med luftskeppssystem är tunga lyft och transporter. Man kan dela in marknaden utifrån längden på lyften eller transporten och då visar vår undersökning att med ballongsystem kan man både göra stationära lyft och lyft inom ett närområde med den design och konstruktion som CargoLifter utvecklat. Denna lösning är också bevisad via praktiskt utförda tester men är ännu inte kommersialiserad och implementerad i skarpa affärsprojekt.

Sammanfattningsvis ser vi inom närtid följande utvecklingssteg;

- a) Kommersiell satsning på den kranlösning som utvecklas av CargoLifter och andra liknande lösningar som är markförankrade.
- b) Fortsatt utveckling av hybridluftskepp av den modell som Boeing och SkyHook för närvarande projekterar samt liknande projekt som i dag inte är identifierade.
- c) Intensifierat utvecklingsarbete och satsningar på luftskeppskonstruktioner där efterfrågan och utbud möts. Aerostaticas design kan vara ett sådant projekt som får startsignal i närtid även om vi inte just nu ser vem som skulle ta denna position att satsa på denna möjlighet för Sverige. Företaget har visserligen byggt prototyper som fungerat enligt planerna men ännu inte byggt ett fullskaligt transportluftskepp. Via det dokumenterade intresset från EU kan dock viss riskfinansiering finnas att tillgå och då ökar chanserna att Sverige skulle kunna ingå i ett konsortium som testar denna lösning i ett fullskaletest.

Byggnadsindustrin, lättare-än-luft lösningar och närtidssatsningar

Byggnadsindustrin bör redan i dag uppmärksamma detta teknologiområde eftersom tunga lyft och transporter är centrala delar av byggverksamheten. I närtid är det byggprojekt där det finns ett behov av tunga lyft och närtransporter av den typ som finns behov av vid till exempel byggnation av nya vindkraftsverk. Speciellt intressant är det i naturgeografier som annars skulle kräva omfattande infrastruktur- och markinvesteringar som både fördyrar projekten och som förfular den lokala miljön. I detta fall kan lättare-än-luft lösningar spela en operativ roll i den redan befintliga bygglogistiken. Även i fallet med volymbyggda flerfamiljshus är det intressanta att vidare undersöka möjligheterna, men här finns skäl att gå igenom förutsättningarna om det skall vara meningsfullt. Till exempel antalet enheter som ingår i ett byggprojekt, avstånd, marknader, förändrade mått är några exempel på viktiga grundförutsättningar att analysera vidare.

I närtid finns även andra lyft där denna teknologi skulle kunna spela en roll men där man i så fall måste se över även konstruktions- och designlösningar för de aktuella objekten. Flytten av Kiruna stad är ett exempel på en plats som under lång tid kommer ha behov av tillfälliga byggnader för kommersiell- och samhällelig service, bostäder och arbetsplatser men som så småningom måste flyttas. En byggnadskonstruktion som redan från början görs flyttbar kommer dels att lättare kunna finansieras, dels ha potential till att bli en kommersiell produkt globalt om klimatförändringen fortskrider. Om klimatforskarnas senaste rön om havsnivån ökningstakt skulle stämna accentueras denna typ av byggprojekt inför framtiden.



Bildtext. Totalt har Zeppelin producerat fyra luftskepp enligt den nya design- och konstruktionslösningen man valt. Samtidigt som användningsområdena hela tiden har utvidgats, från enbart rundturer för turister till avancerade karteringsuppdrag i Botswana, har det kommit propåer om att utveckla ett större luftskepp byggda på liknande principer som ursprungsmodellen. Man har skissat på ett luftskepp som kan ta 50 passagerare och naturligtvis en större nyttolast än för de luftskepp vi ser på bilden ovan, som utöver att bära sin egen vikt tar cirka två tons nyttolast. Varken befintlig luftskeppsmodell eller en eventuell framtida större modell är gjord för att ta frakter utan är helt inriktad på passagerarfart eller specialuppdrag. Trots att dessa luftskepp är imponerande med sin längd på 75 meter är det inget mot Graf Zeppelin och Hindenburg som mätte 236 respektive 245 meter.

4. Bakgrund och historia

För 100 år sedan författade den svenske KTH professorn i maskinlära, Oskar Eugène Lundholm, en artikel i "Almanack för alla" med titeln "Konsten att flyga". Här finns en genomgång av människans möjligheter att ta sig fram i lufthavet och en diskussion om möjligheterna att använda motorballonger, som var det svenska begreppet för luftskepp vid denna tidpunkt. Redan vid förra sekelskiftet var Zeppelin ett aktat namn inom detta teknologiområde och företagsnamnet blev synonymt med fenomenet luftskepp. I dag talas alltså om "Zeppelinare" för att beskriva denna farkostteknologi som också går under namnet "lätta-än-luft"-teknik.

Vad greven och generalen Ferdinand von Zeppelin framförallt åstadkom var utvecklingen av en mer robust lättare-än-luft - konstruktion jämfört med det som tidigare byggts. Ferdinand von Zeppelin använde nya material och nya konstruktionsprinciper för att bygga och manövrera luftskepp som innebar en avsevärt förbättrad manöverbarhet, lyftkraft och stabilitet. Redan 1909 startades bolaget DELAG, Deutsche Luftschiffahrts-Aktiengesellschaft, som året därpå startade turistflygningar och inrikesflyg. Totalt åkte 41 000 passagerare under 1600 flygningar utan en enda olycka. Allt upphörde i samband med utbrottet av första världskriget 1914. Det är också värt notera att det initiativ som von Zeppelin tog också blev en motor i en rad andra företagsbyggen varav de flesta fortfarande verkar på marknaden. Efter andra världskriget återupptog Zeppelin produktionen av betydligt större luftskepp och startade reguljär passagerarfart mellan Europa och Syd- och Nordamerika. De flesta luftskepp som byggdes hos Zeppelin var dock för militära ändamål.

I början på 1990-talet väcktes tanken på nytt inom Zeppelin-klustret att utveckla lättare-än-luft farkoster för olika ändamål. En nisch som man trodde mycket på var turistflygningar. En annan var övervakningsuppdrag av olika slag. Från början var man inriktad på att producera luftskepp till försäljning. Denna strategi förändrades eftersom det var en svår, dyr och komplicerad process att bygga upp ett turistflygföretag vilket innebar att man skapade ett eget luftskeppsrederi. I dag, cirka 12 år efter att man flög den nya modellen för första gången, finns tecken på att en marknad uppstått. Ett luftskepp från Zeppelin finns numera i Japan och ett i USA medan det tredje finns i Tyskland. Ett fjärde havererade under ett uppdrag för diamantindustrin i Botswana när skeppet var förankrat vid marken under en storm. Inom en treårsperiod finns planer på att utveckla

den nuvarande modellen, som tar 12 passagerare, till ett skepp som tar cirka 50 passagerare enligt den nuvarande CEO:n, Thomas Brandt.

Olika typer av projekt och luftskeppskonstruktioner

Vid sida av Zeppelin har en rad olika luftskeppsprojekt startats under hela efterkrigstiden. Variationen är stor och bred. Områden där luftskeppsanvändning också kan spela en stor roll är exempelvis följande; a) för vetenskapliga ändamål, till exempel undersökningar för det globala klimatet som kräver bättre större variation av mätvärden, b) ovanligt stora eller ohanterliga mått på laster, c) vid akuta katastrofbistånd eller vid återuppbyggnad efter katastrofer, d) övervakning av utsläpp från fabriker, kärnkraftverk eller andra industriella aktiviteter, e) för olika kommunikationsbehov, f) förmågan att bära radarantennor i skeppet, på hög höjd och under lång tid (vilket främst använts i militära sammanhang), f) vid framställning av kartor för energiläckage, g) vid övervakning av kriminella aktiviteter, h) som reklampelare och i) övervakning i vitt skilda sammanhang som till exempel vid torrt klimat i spåren av klimatkrisen för övervakning av brandrisk samt vid gränskontroller. Det finns även luftskepp som är förankrade i marken. Framförallt används dessa för olika militära ändamål. Fördelen är att man kan övervaka ett stort område och därmed ersätta till exempel flyg men ändå få ut i stort sett samma data. Detta är kostnadseffektivt, miljövänligt och personalbesparande. I Sverige har det svenska försvaret diskuterat ett projekt, med denna teknik som grund, på Gotland för att ersätta spaningsflyg över delar av Östersjön.

I USA har man med stor framgång testat övervakningen av gränsen mellan Kuba och Florida via luftskepp. Bara bränslebesparingen talar sitt tydliga språk. Bränsleåtgången när man jämförde ett konventionellt flygplan och ett luftskepp visade att den bränslemängden som användes för ett flygplan mellan att man taxade ut från gatan (parkeringsplatsen) fram till startbanan motsvarade den bränslemängd som luftskeppen använde under hela sitt flyguppdrag. Utbud och efterfrågan hänger ofta ihop på ett sätt som är ömsesidigt, komplicerat och dynamiskt. Ett exempel på detta är samarbetet mellan The Boeing Company och SkyHook International Inc. Inget av företagen tillhör primärt luftskeppsindustrin, vid ett första påseende, utan arbetar med "space and defense businesses specializing in innovative and capabilities-driven customer solutions" respektive med "providing solutions to logistical challenges in remote regions". Det vill säga inget av företagen hittar man i traditionella förteckningar över luftskeppsproducenter, samtidigt som detta nybildade samriskföretag kanske är ett av det mest intressanta och ekonomiskt stabila luftskeppsprojekt som existerar inom kategorin "tung lyft/stora laster".



Bildtext. Med hjälp av lättare-än-luft teknik kan man vid tunga lyft överbrygga avstånd som annars skulle bli för kostsamma att komma runt med konventionell teknik. Dalar, sluttningar, stadsmiljöer, naturområden, raserade broar eller som här på bilden avstånd mellan två öar, är exempel på hinder där denna teknik skulle kunna tillämpas. En möjlig konsekvens är att man kan uppföra till exempel byggnader under en begränsad period om dessa har en konstruktion som gör att de enkelt och billigt kan flyttas. Med tanke på den globala uppvärmningen finns behov av tillfälliga byggnader som har ett funktionellt behov under en begränsad tid som är betydligt kortare än den ekonomiska livslängden. Därmed skapas en marknad som också skulle kunna ge nya möjligheter för svensk export av systemprodukter av helt nytt slag på världsmarknaden.

Utbudet på marknaden av företag med inriktning på ”tunga lyft” och/eller ”stora laster” består av ett antal luftskeppsproducenter som vi identifierat via tidigare kontakter och studier samt via nya sökningar, samtal och resor. I några fall har man gjort prototyper och i andra fall har man byggt enstaka skepp för omfattande tester. Vårt ursprungliga mål var att välja ut de projekt som har fungerande system och göra fördjupade analyser av dessa. Av budgettekniska utgår dessa analyser i denna förstudie. Exempel på företag som själva bedömer att man är långt framme är;

1. 21 st Century Airships
2. Boeing SkyHook (ny)
3. Blackwater Airship LLC (ny)
4. Advanced Hybrid Aircraft

Till dessa exempel kommer dels flera amerikanska projekt, engelska projekt, tyska projekt och ryska projekt vars exakta status ej redovisats offentligt. Frågor kring tidigare ”records” (det vill säga vad man faktiskt uppnått), ekonomi, kunder och kompetens skulle ingå i vårt frågebatteri.

Det finns också luftskeppstillverkare som arbetar med luftskeppssystem där syftet är att bära mindre tunga laster som maskiner, specialutrustningar, material med mera dit följande företag för närvarande kan räknas;

1. Zeppelin Luftschifftechnik
2. Lindstrand Technologies
3. RosAerosSystems

Därutöver finns projekt inom området tunga lyft som inte kommit till offentlig kännedom ännu. Orsaken är att det är projekt som har militära intressen i bakgrunden och därför omgärdas med viss slutenhet. Erfarenheterna säger oss dock att information om dylika initiativ ändå relativt snabbt dyker upp i offentligheten. Lookheed Martin är ett exempel på detta sistnämnda som via stora försvarskontrakt arbetar med lättare-än-luft teknik.



Bildtext. I efterdyningarna av 1970-talets energikriser och 1970- och 1980-talens varvskriser fanns ett utbrett intresse för alternativ produktion i Sverige. Ett område som redan på denna tid var livligt debatterat var vindkraftens eventuella utbyggnad. Men även lättare-än-luft teknik fanns med i diskussionerna och en av dem som starkt drev frågan vid denna tidpunkt var professorn i turism, Bengt Sahlberg. Via ett STU-projekt beskrevs

hur långt utvecklingen hade kommit vid denna tidpunkt samt de behov och applikationer som fanns inom industrin, försvarsmakten med flera samhällsområden.

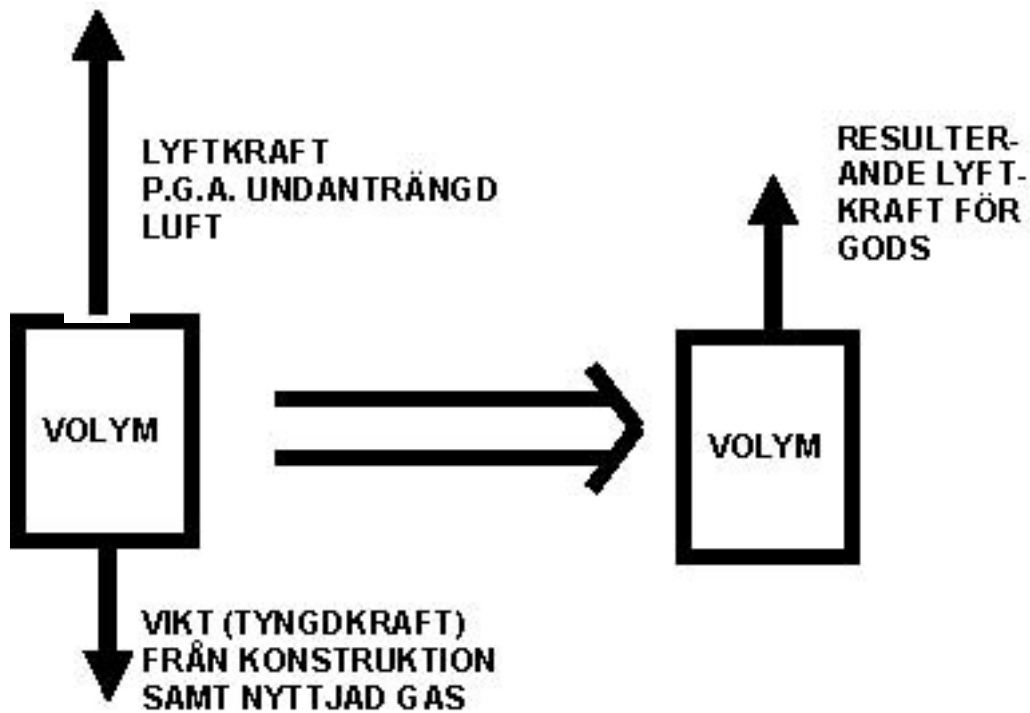
I frågan om utbud och efterfrågan finns också en dynamik där ett nytt utbud, till exempel ett nytt luftskeppssystem, påverkar efterfrågan (marknaden ser nya möjligheter att tillfredsställa ett behov) men också att det omvända kan gälla. Efterfrågan på tunga lyft inom byggindustrin kan avse fabriksbyggda husmoduler men också stora behov som till exempel att man inom Kina planerar att bygga 400 miljoner nya bostäder inom en 20 års period eller att man inom Kiruna kommun tillsammans med bland annat LKAB planerar att flytta befintlig bebyggelse. I båda dessa senare fall finns en efterfrågan på kvalificerade transportlösningar som kan resultera i att delar av hus eller nya konstruktionselement som är lätta och billiga att flytta utvecklas, som tidigare inte existerat på marknaden, det vill säga ett nytt utbud av produkter och tjänster (och en ny efterfrågan på nya luftskeppssystem som i bästa fall resulterar i ett nytt utbud).

Vi vet att det finns många kritiker som menar att även om luftskepp bevisat att man kan lyfta många ton, till exempel Hindenburg och Graf Zeppelin som kunde ta laster på över 100 ton utöver sin egen vikt (där materialen i sig var mycket tunga för att konstruera dessa luftskepp visavi de material vi har i dag för samma ändamål), är det svårt, dyrt och komplicerat att utveckla nya superskepp som kan bli lönsamma på en marknad. Var gränserna går är det i dag ingen som vet men vi vet att trots de hinder som finns pågår en rad initiativ varav många är militära men att det även finns civila behov som vårt nuvarande transportsystem inte klarar av att tillfredsställa. Om detta vittnar framförallt olika FN organ som i många situationer inte får fram hjälpsändningar på grund av otillräcklig eller obefintlig infrastruktur, transportrutter som på grund av säkerhetsläget inte kan användas eller att transportkapaciteten är otillräckliga i förhållande till behoven.

Förutom luftskeppsproducenter finns ett antal operatörer som verkar inom vitt skilda verksamhetsområden. Ibland finns ett samband mellan tillverkare och operatörer men inte alltid. En självständig operatör är Nippon Airship Corporation i Japan som delvis ägs av världens största rederi, NYK. Ett mål med verksamheten var initialt att se över och undersöka etablerade respektive nya logistikkedjor där luftskepp ska kunna utgöra en viktig länk för vissa typer av transportuppdrag kopplat till rederiet. Detta projekt har delvis fått en ny inriktning och dess framtida utvecklingsplaner har inte offentliggjorts.

5. Varför lyfter ett luftskepp?

Inom hydromekniken, läran om kroppars beteende i vätskor och gaser, struktureras och analyseras bland annat olika krafter som påverkar en kropp som befinner sig i en gas, till exempel luft. En fundamental kraft som kroppen utsätts för är den så kallade lyftkraften. Den motsvarar vikten av den volym av gas eller vätska som kroppen undantränger där den befinner sig. Det innebär att i fallet med ett luftskepp uppstår en lyftkraft på skeppet som motsvarar vikten av den luftmängd som skeppet undantränger. Denna lyftkraft reduceras dock av en motriktad neråtgående kraft som utgör vikten av det material som skeppet är byggt av samt också av vikten på den gas, främst helium eller vätgas, som nyttjas i skeppet. En grov illustration av verksamma krafter på skeppet samt resulterande tillgänglig lyftkraft, som kan nyttjas för att transportera gods visas i nedanstående figur. I figuren återges luftskeppet som en "volym" som undantränger den omgivande luften, verksamma statiska krafter på ett luftskepp samt resulterande lyftkraft för gods.



6. Lyftkraftens storlek.

Den uppåtriktade lyftkraftens storlek påverkas således av den typ av gas som nyttjas i luftskeppet. Nettoeffekten av en kubikmeter undanträngd luft resulterar i en lyftkraft som ligger inom 0.3 – 1.1 kg för de tre gaserna vätgas, helium och uppvärmd luft. Motsvarande lyftkraft för 1000 kubikmeter (10x10x10 m) blir 0.3 – 1.1 ton enligt nedanstående tabell.

Gas	Lyftkraft 1 kubikmeter	Lyftkraft 1000 kubikmeter
Vätgas	1.1 kg	1.1 ton
Helium	1.0 kg	1.0 ton
Uppvärmad	0.3 kg	0.3 ton

luft

Tabell. Lyftkraft för olika vakuumbildande gaser och två olika volymer.

Konsekvensen av den vakuumbildande effekten, det vill säga den undanträngda luften, innebär också att den geometriska utformningen av den undanträngda luften ej har någon inverkan på denna lyftkraft. Även lufttryck, temperatur, gasens temperatur med flera faktorer påverkar i praktiken hur man framför ett luftskepp. Jämvikt är en viktig faktor i sammanhanget. En hel del av den erfarenhet som fanns sedan 1920 – 1930-talet och tidigare, är i dag svår att få tag i eftersom de som var med på denna tid inte längre lever. Förutom de erfarenheter som man kan skaffa sig genom egna och andras försök kompletteras därför numera av personer verksamma inom denna industri med att läsa olika typer av dokument, skildringar, brevväxlingar och liknande. Denna så kallade ”tysta kunskap” har vi hört flera personer verksamma inom luftskeppsindustrin uttala som viktig för framtida projekt.

7. Olika typer av luftskepp.

Luftskeppen kan delas upp i olika typer med hänsyn till sin strukturella uppbyggnad. En grov indelning är:

1. Rigida (stela) skepp: Större skepp med en hel ram-skelettstruktur.
2. Halvrigida skepp: Något mindre skepp med en begränsad skal-kölkonstruktion.
3. Ej rigida skepp: Små skepp utan någon ramkonstruktion. Dessa skepp benämnes också ”Blimps”.

Till dessa typer kan också läggas luftballonger. Dessa skiljer sig från luftskeppen på grund av att de ej har någon egen maskinell utrustning för att styra färdriktningen. Ballongen påverkas helt av vinden och följer dess färdriktning.

Det finns även andra indelning av luftskepp som nämns i denna rapport. Exempelvis hybridluftskepp som är en blandning av lättare-än-luft teknik och motorkraft. Detta har betydelse för hur luftskeppen kan hantera tunga laster. Vid enbart lyft med gaser krävs ballast för att hantera viktförändringar vid på och avlastning av gods medan vid en kombination av teknikerna kan man reglera detta på annat sätt. Inom detta område är svårt att exakt få fram uppgifter om tekniska lösningar eftersom flera av dessa tekniker är skyddade av luftskeppstillverkarna. Men dessa tekniker är avgörande för möjligheterna att bygga tekniskt framgångsrika och kommersiellt gångbara luftskepp.

Det finns även luftskepp som är ämnade att utföra andra uppdrag som exempelvis att fungera som obemannade lättare-än-luft farkoster ovanför jetströmmarna. Dess är tänkta att fungera som telekommunikationsnav eller för väderobservationer samt för specifika militära ändamål. Lockheed Martin har en särskild enhet för att utveckla denna typ av geostationära luftskepp.

8. Specifika variabler

För att få en grov generell uppfattning av luftskeppens dimensioner och operativa egenskaper redovisas nedanstående tabell som exempel på variabler.

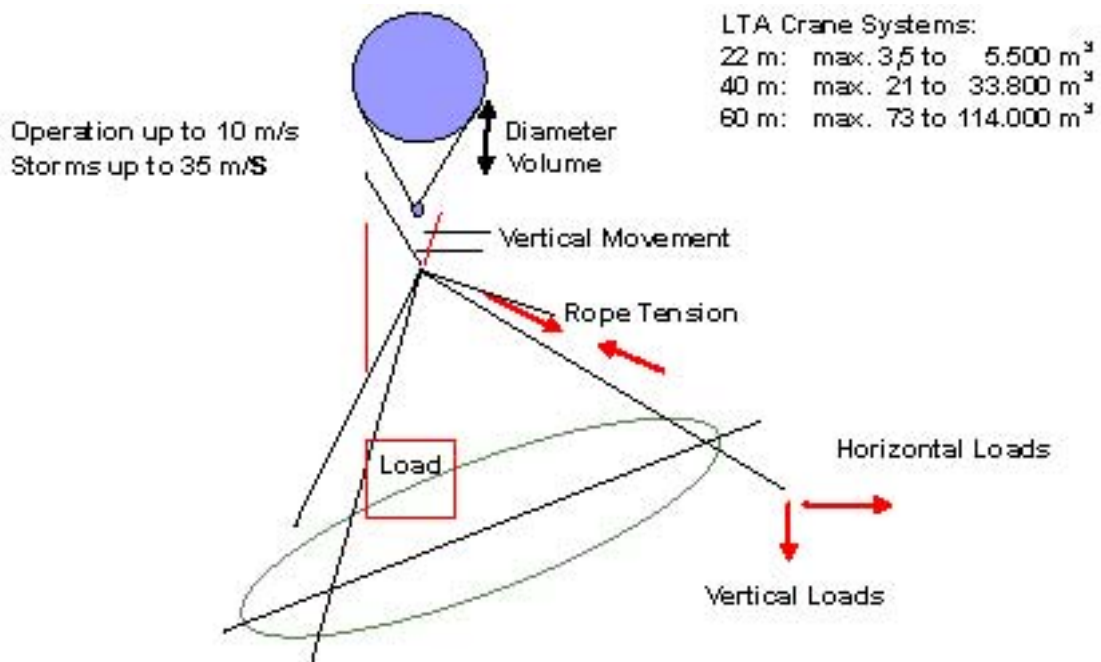
Lyftkapacitet	50 ton	100 ton
Storlek yttermått (m)(LxBxH)	150x65x35	360x120x65
Fiktiv volym yttermått (kvmx1000)	340	2800
Lastutrymme	Kundspecifik	Kundspecifik
Hastighet (km/tim)	100-200	100-200
Bränsle	Jet	Jet
Besättning ombord	3-7	3-7
Besättning land	0	0
Infrastruktur	Kundspecifik	Kundspecifik
Väderlek	VFR/IFR	VFR/IFR

Landning, utrymme	VTOL/Amfib	VTOL/Amfib
Lastning/lossning	Kundspecifik	Kundspecifik
Räckvidd	Upp till 1000 mil (med viss variation)	

Ett sätt att hantera storleken på ett konventionellt luftskepp är att lägga större vikt vid farkostens flygegenskaper och utgå från dessa när man konstruerar nya modeller. Man talar i dessa sammanhang om hybrider och med detta menas att man blandar principer. Det vill säga man förlitar sig inte enbart på lättare-än-luft principen utan man räknar också med motorkraften i dessa konstruktioner vilket innebär att de kan byggas mer kompakta men får andra egenskaper. Samarbetet mellan The Boeing Company och SkyHook International är ett exempel på hur man försöker sammansmälta dessa båda principer i en praktisk lösning för specifika ändamål.

En annan problematik med att driva luftskepp är motor - bränsle problematiken. För att kunna flyta igenom lufthavet (jämför flygplan som flyger) krävs att man har tillräcklig motorkraft för att ta sig från A till B. För att genomföra en sådan resa krävs viss mängd bränsle. Eftersom bränsle har en inte obetydligt vikt samtidigt som luftskeppet förbrukar bränsle under färd finns en viktproblematik som måste hanteras. Denna viktminskning måste kompenseras på något sätt och trots att dieselmotorerna blivit mera effektiva (tvåtakts diesel) och även användning av gasturbiner också blivit mer användbara även för luftskepp krävs smarta lösningar. Man skulle kunna tänka sig att återföra vattnet i avgaserna och på så sätt behålla konstant vikt. Ett alternativ som testats och diskuterats är användning av elmotorer. Genom att använda solenergi kan man minimera detta problem. Redan 1883 testades en elmotor på luftskepp vilket visar att iden funnits med länge. Nu diskuteras hur man kan jämna ut energibehovet vid nattflygningar, eftersom batterier i dag är alldeles för tunga, där den mest spektakulära lösningen heter reflekterande speglar placerade i rymden.

Utvecklingen av nya material är en annan viktig utvecklingslinje för framtidens luftskepp. Exempelvis är användningen av nya material för luftskeppens hölje eller kaross av stort intresse. Material som dels är starka och tåliga, dels lättviktiga ökar självfallet möjligheterna att designa släta luftskeppskal som både är mer robusta och kan innebära högre hastigheter. Till detta kan vi lägga en rad andra tekniska utvecklingsområden som även kommer att kunna utnyttjas vid konstruktion av nya luftskeppsmodeller i framtiden. Ett sådant exempel är utnyttjandet av nanoteknologin.



Bildtext. CargoLifter har varit med och utvecklat ett avancerat styrsystem för att kunna beräkna och styra tunga lyft. Genom att använda denna programvara kan man hålla ordning på alla krafter som är i rörelse vid ett lyft samt även simulera lyft. Sensationellt är att lastkroken kan möta mycket högra krav på precision som motsvarar minst de krav som ställs på en konventionell kran men att man även kan överträffa dessa krav. Lyftsystemet är dessutom inte så vindkänsligt som man skulle kunna tro utan kan operera vid 10 meter per sekund vilket gör den konkurrenskraftig gentemot andra lyftalternativ.

9. Två modellföretag

Vi har valt att närmare granska två olika luftskeppsföretag som vi uppfattar kan lämna viktiga bidrag till att tunga lyft och tunga transporter kan förverkligas. CargoLifter har visat att deras konstruktion kan lyfta minst 55 ton och Aerostatica har enbart byggt olika prototyper men har en konstruktionslösning som vi uppfattar har en potential utöver det vanliga.

CargoLifter

Den variant av luftballong (eller lyftballong eller AirCrane som den först döptes till) som konstruerats av CargoLifter utvecklades utifrån ett identifierat behov från en av företagets dåvarande kunder. Tidpunkten för utvecklingen av AirCrane var innan ursprungsföretaget hamnade i insolvens. Behovet härstammade från följderna av svårigheterna vid exploateringen av olja och gas i Kanada och den klimatförändring som blivit allt mer uppenbar för varje år som gått. De isvägar som tidigare kunnat användas under vissa vintermånader blev allt mindre vilket innebar att nödvändiga transporter av utrustningar, konstruktioner och förnödenheter blev allt mer svårhanterlig. Även olika transporter från dessa exploateringsplatser mötte samma problematik.

CargoLifter's ballongkonstruktion styrs via markbundna fordon samt styrs vid lyft av en eller flera styrblock som ökar precisionen. Enligt uppgift från CargoLifter är lyftkrokens precision minst lika hög, eller högre, som från motsvarande kranar som idag används vid de allra största lyften. Detta förutsätter dock att man har minst tre styrblock som är förankrade i marken vid lyft.

Nya CargoLifter

Nya CargoLifter ser tre olika utvecklingslinjer framför sig. För det första avser man att konstruera och bygga ett antal varianter av lyftballonger för olika ändamål i nära samarbete med nationella och internationella kunder. För det andra planerar man att utveckla luftskepp för närtransporter och för det tredje att utveckla luftskepp för långdistanstransporter. Just nu är man involverade i projekt och affärer som framförallt handlar om tunga lyft och så kallade "last mile"-koncept. Detta sistnämnda problem brukar både vara komplicerade och dyrbara moment i ett transportuppdrag som kräver både erfarenheter och resurser utöver det vanliga för att lyckas.

En transport består ofta av en kedja av olika transportslag som fallet med vårt exempel kring vindkraften. Här transporteras delarna via lastbil – sjötransport – lastbil – kran för att komma på plats. Ofta uppstår problem och kostnader som är förknippade med de båda anslutningspunkterna; platsen där varan, maskinen, konstruktionselementet eller dylikt produceras respektive platsen där dessa objekt ska anslutas, uppföras, byggas eller motsvarande. Om ett objekt konstrueras för en konventionell transport, det vill säga i detta fall utan användning av lättare-än-luft teknik, är de ingående transportslagens kapacitet, infrastrukturens dimensionering och den totala kostnaden det som framförallt styr om och hur en transport kan genomföras.

I fallet med eventuell användning av luftskeppstransport är vikten av största betydelse men även storleken på det som skall transporteras samt distansen. Om det ska vara någon mening med att använda lufttransport via luftskepp eller lyft via ballong ska det finnas uppenbara fördelar med att använda just denna teknik. Vi kommer i nästföljande kapitel mera i detalj beskriva våra fall och där resonera kring hur transportfrågorna är relaterad till design- och konstruktionsfrågorna.



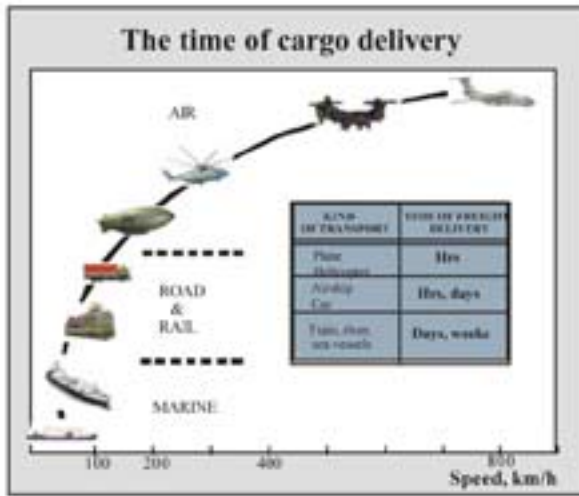
Bildtext. Utanför Berlin byggde CargoLifter en produktionsanläggning där man parallellt skulle kunna bygga två transportluftskepp. Som en mellanprodukt, som var en bland flera patenterade idéer som nu lever vidare, utvecklade man en ballonglyft, CL 75, som kunde bära 75 ton. Tekniken som CargoLifter utvecklade kommer till exempel att användas och implementeras i ett projekt mellan Boeing och SkyHook. Denna konstruktion benämns som ”crain airship”, och beskrivs som ett mellanting mellan helikopter och luftskepp, och ska kunna bära 40 ton. Redan 2002 fanns ett kontrakt underskrivet mellan Boeing och CargoLifter men genom utebliven finansiering kunde inte CargoLifter fullfölja projektet. I dag används hangaren för turism och fritidsändamål.

Aerostatica

Företaget Aerostatica är i mycket en mans verk genom forskaren, utvecklaren och professorn Alexander Kirilin. Företaget är ryskt med säte i Moskva och har utvecklat ett antal prototyper för att fastställa att de principer som Kirilin bygger sitt koncept på också håller i verkligheten. Vi har tagit del av de designprinciper, inklusive skisser, som han utgår från och vi kan konstatera att dessa är annorlunda, gedigna och avancerade. Vi har ingen möjlighet att bedöma om dessa är överlägsna andra konstruktioner men vi kan inte heller hitta avgörande skäl för att den design som han skapat inte skulle fungera på avsett sätt. Av konkurrensskäl vill företaget varken släppa skisser eller berätta om avgörande innovationer som gör att hans luftskepp klarar av att hantera moment för in och utlastning av laster. Till dags dato har Aerostatica utvecklat luftskepp som motsvarat de krav och förväntningar som ställts från sina beställare. Hans företag ingår också i det tidigare nämnda VEATAL initiativet som ett av de deltagande bolagen.

I planerna finns luftskepp som ska kunna bära laster från cirka 25 ton, 50 ton respektive 70 ton. Det finns även ett projekterat luftskepp som ska kunna lyfta mellan 150 – 200 ton vilket motsvarar en volym om cirka 350 000 kubikmeter lyftgas. Dessa luftskepp ska inte behöva använda hangarer, skall kunna användas året om, inte påverkas av isbildning samt servas av högst en eller två personer på marken. Professor Kirilin har beskrivit två typer av samband som på ett övergripande plan gör att luftskeppsdrift är intressant även i ett utvecklat samhälle.

Samband 1. The time of cargo delivery



Bildtext. Av figuren framgår att tidsmässigt är luftskepp betydligt snabbare än lastbilstrafik och järnvägstrafik. Eftersom en transport oftast består av flera ingående transportmedel är det den samlade tiden som avgör effektiviteten i tid räknat.

Samband 2. Limitations on routes – Airship without limitations



Bildtext. I denna figur visas att luftskepp spränger alla andra transportmedels begränsningar.

Till dessa bilder kan man tillägga att transporter bör granskas i detalj avseende tid, kostnad, miljöpåverkan, kapacitet, utbud, prestanda, logistik samt ingående transportmedel för att nämna de viktigaste. I praktiken visar våra fallbeskrivningar att flera transportslag är involverade i en produktion av avancerade industriprodukter och frågan är inte ”antingen eller” utan ”både och”. Man kan säga att olika transportmedel har olika komparativa fördelar och att frågan gäller att finna dessa och utnyttja dessa i stället för att enbart göra jämförelser mellan två skilda transportsystem. Aerostatica är inriktade på att påvisa luftskeppens fördelar och starka potential på transportmarknaden, inte minst de miljömässiga fördelarna.

10. Definition av typfall

Studien har fokuserats på tre typfall som vardera omfattar två moment; *moment 1*. transport av volymenheter till den aktuella byggplatsen och *moment 2*. hantering, lyftning och montering av volymenheter på byggplatsen.

De tre typfallen är:

Typfall 1: Uppbyggnad av en vindkraftspark

Typfall 2: Uppbyggnad av flerbostadshus

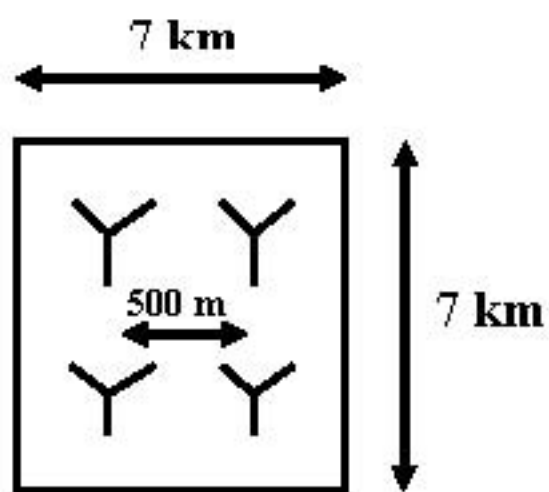
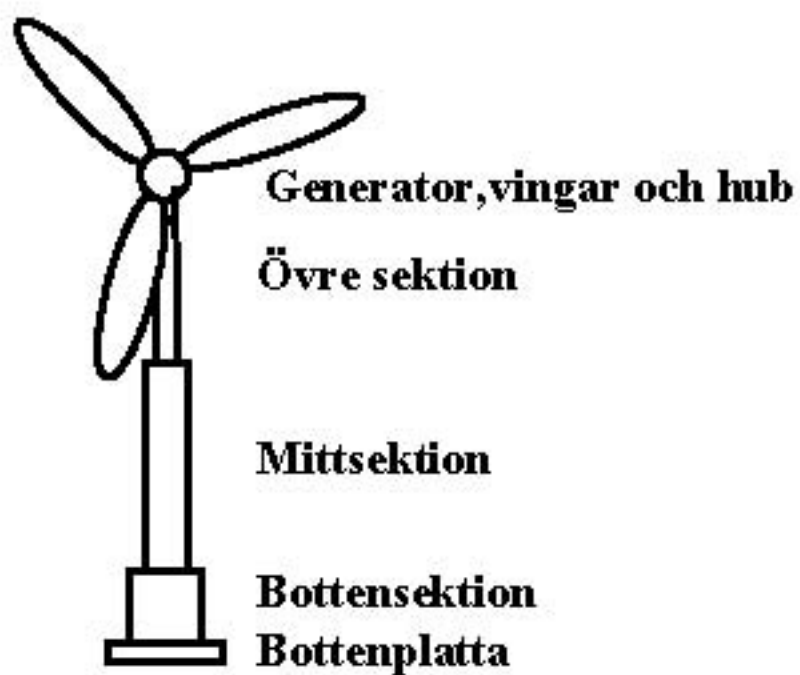
Typfall 3. Uppbyggnad av byggnadshall

Typfall 1: Uppbyggnad av en vindkraftspark

Parken består av 25 st vindkraftsaggregat (torn) och är placerad i ett skogsområde. Arealen för parken motsvarar cirka 50 km². Avståndet mellan tornen är cirka 500 meter. Vindkraftsaggregatet består av ett antal hopsatta volymenheter som kan hänföras till vindkraftsaggregatets olika huvudsektioner enligt följande:

1. Bottenplattan som förankrar vindkraftaggregatet i marken
2. Bottensektion
3. Mittsektion
4. Övre sektionen
5. Generator
6. Vingar och hub

(se principskiss över ett vindkraftverk och en vindparkspark nedan).



Figur: Vindkraftpark: Tom (överst) och parkområde (nederst).

Var och en av dessa huvudsektioner innehåller ett antal volymenheter som skall transporteras och monteras. Leveransen av volymenheterna sker från Tyskland med fartyg till svensk hamn och därefter med lastbil till parkområdet. Lyft och montering sker med mobilkran.

Typfall 2: Uppbyggnad av flerbostadshus

Bostadsområdet består av tre flerbostadshus med fem våningar och som är placerade i en grupp. Bottenarean per hus är ca 20 x 25 meter. Höjden är cirka 25 meter. Antal våningar är 5. Figuren nedan visar en principskiss. Leveransen sker med lastbilskonvojer från Luleå till bostadsområde i Stockholmsregionen. Lyft och montering sker med mobilkran direkt från lastbil till husläge.

Hus

1

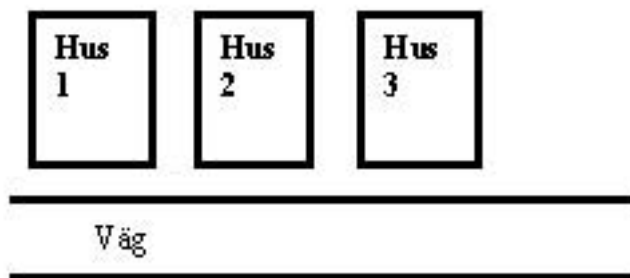
Hus

2

Hus

3

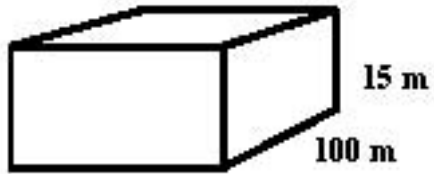
Väg



Figur: Tre stycken flerbostadshus

Typfall 3: Uppbyggnad av byggnadshall

Byggnadshallen har en yta på ca 30 000 m² och har en höjd på ca 15 meter. Volymenheterna är prefabricerade vägg- och golvelement. Bottenarean på byggnadshallen är ca 10 000 m² Figuren nedan visar en principskiss. Lyft och montering sker med tornkran.



Figur 3: Byggnadshall

11. Jämförande analys

De tre typfallen har i nuläget transportlösningar som utnyttjar lastbilar och fartyg för transporterna och mobilkranar och tornkranar för lyftmomenten och montering av enheterna på byggarbetsplatsen. Den alternativa lösningen för transporter och hantering är att nyttja luftskepp och lyftballonger. Syftet med studien har varit att på en grov nivå få indikationer på om detta alternativ är konkurrenskraftigt och meningsfullt att studera närmare på en mer operativ nivå.

De tre typfallen har jämförts med luftskepp och ballonger enligt nedan;

Typfall	Transport med luftskepp	Lyft och montering med ballong
Vindkraft-Park	X	X
Husbygge	X	X
Byggnads-hall		X

Nedan redovisas grova skattningar av data gällande de tre typfallen. Skattningarna visar data som baseras på bedömningar av typiska volymenheter och operativa kostnadsnivåer. Bedömningarna har gjorts av operativa företag i byggbranschen. Mätmetoden har varit att de två luftskeppsföretagen har utgått från dessa data och gjort en bedömning av hur konkurrenskraftiga alternativen med luftskepp och lyftballonger är. Dessa bedömningar beaktar både de operativa möjligheterna och kostnaden.

11.1 Vindkraftpark med 25 torn – data och nuläge

Transport. Markberedning för torn: Grus: 5000 ton

Betong: 25000 ton
Lastbilar: 1200 stycken
Distans: 30 – 40 km
Kostnad: 18 – 20 Mkr

Transport av volymenheter: Enheter: 1200 st

Vikt/enhet: 15 – 70 ton
Lastbilar: 1200 stycken
Distans: 80 km
Kostnad: 10 – 12 Mkr

Hantering av volymenheter: Enheter: 1200 stycken

Vikt/enhet: 15 – 70 ton
Mobilkranar: 1 - 2 stycken
Antal lyft: 3500 stycken
Lyfthöjd: 110 m
Kostnad: 25 Mkr

Totalt för transport och hantering: Kostnad: 53 – 58 Mkr

11.2 Flerbostadshus med 3 hus – data och nuläge

Transport av volymenheter: Enheter: 168 stycken
Volym/enh. 4 x 8 2.5 m
Vikt/enhet: 7 ton
Lastbilar: 69 st. + 24 förbilar
Distans: 900 km
Kostnad: 1.2 Mkr

Hantering av volymenheter: Enheter: 168 stycken
Vikt/enhet: 7 ton
Mobilkranar: 1 stycken
Radie: 35 m
Kostnad: 350 000 kr

Totalt för transport och hantering: Kostnad: 1.5 – 2 Mkr

11.3 Byggnadshall – data och nuläge

Hantering av prefabelement: Enheter: 800 st, varav 200 st
med radie 50 meter
Volym/enh. 4 x 10 m
Vikt/enhet: 16 – 17 ton
Tornkran: 1 stycken
Lyfthöjd: 15 m

11.4 Data och analys av alternativ med luftskepp

Alternativet med luftskepp i transportmomentet har värderats i de två typfallen med vindkraftparken och flerbostadshusen. Aerostaticas bedömning är att utnyttjandet av fem luftskepp med lyftkapaciteten 25 ton, 50 ton och 75 ton kan utgöra en operativ flotta för byggande av en vindkraftspark på 1000 torn under en period på 3 – 5 år. Användningen av ett luftskepp bedöms därför utgöra en fullt tillräcklig kapacitet för byggandet av en park med 25 stycken torn. En logistisk styrka, och därmed en ytterligare konkurrensstärkande faktor för luftskepp, är att kunna genomföra transporter i sin helhet – från leveransen i Tyskland till norra Sverige. En grov bedömning av transportkostnaderna för att nyttja luftskepp kan bedömas utifrån att ett luftskepp med lyftkapaciteten 50 ton har en investeringskostnad på 300 – 400 Mkr.

I typfallet med flerbostadshusen bedöms utnyttjandet av luftskepp i nuläget ej vara ett konkurrenskraftigt alternativ. Om detta typfall utvidgas till att gälla mer långväga transporter – till exempel transporter från norra Sverige till länder på andra sidan Östersjön (Finland, Ryssland, Baltiska stater, Europa) och att de prefabricerade volymenheterna ökar i dimension bedöms alternativet med luftskeppstransporter som ett alternativ som bör värderas. Det innebär att både tillverkning och design av flerbostadshusen ändras och anpassas till nya krav på såväl lyftmomenten, transportererna och monteringen av de större volymenheterna.

11.5 Data och analys av alternativ med ballong

Alternativet med ballong i lyft- och hanteringsmomentet har värderats i samtliga tre typfall. Analysen och en grov värdering av utnyttjandet av en lyftballong i stället för att lyfta med en mobilkran eller tornkran har gjorts av CargoLifter. I samtliga tre typfall bedöms alternativen med ballong som fullt möjliga. Bedömningen av lyftballongens prestanda inkluderar en hög precision i själva lyften samt att lyftkraften kan bibehållas vid alla erforderliga ”utlägg”.

11.4 Sammanfattning

En grov analys av tre typfallen inom byggbranschen indikerar att nyttjande av luftskepp och ballong är meningsfulla alternativ – både för transporter av volymenheter och för lyft av volymenheter. Analysen grundar sig på att man i nuläget utnyttjar lastbilar för transporterna och mobilkranar eller tornkranar för lyftmomenten på byggarbetsplatsen och att dessa transporter i stället utförs med luftskepp och ballonger. Det bör dock påpekas att analysen baseras på bedömningar gjorda av endast två företag. Analysen begränsar sig också till att tillverkningen av volymenheterna samt transporterna och att monteringen av volymenheterna ej har ändrats. Det innebär att ett flertal potentiella logistikvinster i hela tillverkningsprocessen – från design av anläggningen till transport och montering av volymenheter - ej har beaktats fullt ut.

Det bör också påpekas att en ökad precision i beskrivningen av typfallen erfordras för att kunna bedöma de operativa möjligheterna. Det innebär också att luftskeppens och ballongernas prestanda bör analyseras mer ingående och värderas i olika perspektiv – från den enskilda transporten och dess kostnad till en mer heltäckande kostnadsbild – där transportflödena i sin helhet beaktas tillsammans med alla miljökrav och förändringar i de infrastrukturella kraven.

12. Utbud, prestanda och kapacitet

En avsikt med denna förstudie var initialt att kartlägga alla luftskeppsproducenter som arbetar med tunga lyft och tunga laster, deras nuvarande aktiviteter samt planer. Tyvärr har det inte funnits en budget för att göra en dylik totalanalys utan förstudien har därför fokuserats på två olika producenter som arbetar på två olika delmarknader.

Den första delmarknaden är tunga lyft som i dag betjänas av antingen markbundna kranar, självgående eller stationära, respektive med helikoptrar. Problemet med kranar är främst att de har en begränsning i höjdlängd samt att deras lyftförmåga minskar drastiskt i sidled. Även förflyttning av vissa typer av kranar, med ned- och uppmontering, tar tid och har en kostnad. För helikopterlyft finns också begränsningar i lyftkapacitet, cirka 20 ton, samt att de är en mycket kostsam lösning (cirka 120 000 Euro per 8 timmar). Helikopterlyft är dessutom inte energieffektiva samt att användningen av helikoptrar medför bullerproblem. De lösningar som CargoLifter tagit fram är både intressanta ur ett ekonomiskt - tekniskt perspektiv och ur ett innovativt perspektiv eftersom de löser problem kring det som brukar benämnas ”last mile” eller ”närtransporter”. Lyftförmågan för en lyftballong är exempelvis konstant och det finns inga begränsningar i höjdlängd. Detta innebär att när objekt av något slag ska flyttas från en huvudtransport till en slutdestination kan en ballonglösning vara ett möjligt alternativ. Intermodalitetsproblematik med konventionell teknik är ofta kostsam, utsätter ingående objekt för skaderisker och kan sänka kvaliteten på de flyttade objekten. Om man från början konstruerar och designar objekten utifrån att man vill undvika intermodala flyttningar kan mycket vinnas om man har kraftfulla och tillförlitliga lyftsystem.

Den andra delmarknaden är långdistanstransporter. Här har historien visat att de luftskepp som konstruerats visserligen teoretiskt kunnat ta nyttolaster på över 100 ton men att dessa har inte varit konstruerade för att göra detta i en transportkontext. Nu, däremot, finns ett uttalat syfte hos en rad producenter att konstruera luftskepp som ska kunna ta laster på mellan 100 och 200 ton. Den andra producenten vi undersökt har ett klart uttalat mål att bygga luftskepp som ska kunna fungera i en industriell, militär eller turistisk kontext. Det finns även en civil sida av den militära ansatsen som diskuterats redan under Vietnamkriget. USA utvecklade konceptet ”Stability and Reconstruction” för att lösa komplicerade logistikproblem. Syftet var dels att frakta utrustningar, förnödenheter och materiel på ett säkert sätt för att stödja återuppbyggnaden av den civila administrationen, dels att backa upp denna återuppbyggnad med olika säkerhetsåtgärder. I praktiken har

dessa operationer involverat både militära och civila uppgifter. Exempelvis behöver även civila katastrofinsatser olika typer av säkerhetsarrangemang för att överhuvudtaget kunna genomföras i oroliga områden. Om dessa tankar renodlas i ett humanitärt perspektiv skulle mänskligheten kunna ta sig an inte bara militära konflikter utan också humanitära katastrofer som översvämningar och jordbävningar på ett nytt sätt. Tyvärr verkar det inte som att de civila krafterna i världen orkar med att bära dessa utvecklingskostnader, där utveckling av luftskeppssystem skulle kunna vara en komponent, trots att kostnaderna för katastrofhjälp tenderar att skena iväg. Dessa fakta framkom senast under luftskeppskonferensen i Friedrichshafen som refererats ovan. Flera företag arbetar inom detta arbetsfält. I dessa sammanhang talar man också om betydligt lägre laster eftersom utrustningar av olika slag kan vara strategiska i olika krislägen.

The airship Z-prize

Förutom de allmänna utvecklingsförutsättningarna sker framsteg och utvecklingssteg ibland via olika tävlingar. Inom flygverksamhet har dessa varit legio från det att luftskepp och flygmaskiner först skapades. På detta sätt utvecklas nytt utbud, nya prestanda och ny kapacitet och ett av de senaste exemplen på detta, med viss svensk anknytning, är The Ansari X PRIZE. Priset handlade om en rymdtävling om 10 000 000 miljoner US dollar till den första, ickestatliga organisation, som kunde skjuta upp en återvinningsbar och bemannad rymdfarkost till rymden två gånger under en tvåveckorsperiod. Detta lyckades och till år 2010 planeras kommersiella rymdresor från Kiruna via företaget Virgin Galactic.

Nyligen har ett nytt pris instiftat för ny luftskeppsfart. Priset, The airship Z-prize, har följande syfte; *”To develop a freight transport airship for humanitarian logistics support and as a green transport solution.”* Målsättningen med priset formuleras enligt följande;

”One key goal of the Airship Z-Prize to develop a viable transport airship industry is focused on the potential for the application, renewal and update of the airship transport mode for the safe and effective provision of transportation support and distribution for humanitarian purposes.”

De parametrar som står i fokus för utvecklingen av det vinnande bidraget är utsläpp, hastighet, transportkapacitet samt last- och lossningsförmåga. Bakom priset står tre personer som har stora erfarenheter av lättare-än-luft teknologi, transportforskning respektive logistik.

13. Slutsatser

Slutsatsen av förstudien visar att det är meningsfullt att på allvar diskutera användningen av lättare-än-luft lösningar för byggnadsindustrin. En central del av denna slutsats bygger på de praktiska försök som inte minst CargoLifter utfört i Tyskland kring lyft och transport av turbinblad för vindkraftverk. Projektet har fokus på tunga lyft, närtransport och last mile lösningar. Hur väl denna teknologi fungerar i ett fullskaleprojekt återstår däremot att genomföra för att kunna dra definitiva slutsatser om teknikens påvisade förtjänster och eventuella nackdelar samt kommersiella potential.

Det första konkreta projektet med luftskepp för långa transporter och med tung last är planerad till 2012. Amerikanska Boeings projekt, tillsammans med kanadensiska SkyHook, har en lyftkraft på 40 ton och en räckvidd på cirka 32 mil. Detta projekt, JHL-40, bygger på redan känd teknologi och kan ses som ett mellanting mellan helikopter, som i dag kan bära laster på 20 ton men med begränsad räckvidd, och luftskepp. JHL-40 är tänkt att ingå i exploateringen av gas- och oljetillgångar i Kanada. Huruvida denna luftskeppsmodell skulle kunna appliceras på våra typfall har inte varit möjligt att undersöka inom denna förstudie. För långväga transporter med luftskepp talar luftskeppsindustrin om betydligt tyngre laster och distanser på upp till 1000 mil. Någon bra indikation på när dylika projekt är startklara är inte möjligt att svara på med nuvarande kunskapsnivå.

Det finns hinder för att utvecklingen av nya lättare-än-luft konstruktioner ska nå marknaden. Några av dem har berörts i rapporten. Initiativet ”The airship Z-prize” kan ses som en välartikulerad beställning till luftskeppsindustrin men också till samhället i stort. De transportbehov som finns i världen saknar transportlösningar med de egenskaper som luftskeppssystemen representerar (se nedan i kapitel 15 på exempel av de egenskaper som dessa system tillhandahåller).

14. Fortsatta studier och fördjupad analys

Fördjupat förstudie

Behovet av fördjupade studier bör fokuseras på tre inriktningar:

1. En fördjupad förstudie på något av de tre presenterade typfallen. Detta görs i samarbete med Cargolifter och Aerostatica.
2. En breddad förstudie som inkluderar samtliga 10 luftskeppsföretag.
3. En strukturering och analys av den planerade utbyggnaden av vindkraftparker i Sverige och med fokus på regioner, infrastruktur, transport och hantering av skrymmande och tunga transporter och lyft. En analys av luftskeppsutbudets potential på denna marknad.

Potentialen för luftskeppstransporter – en modellansats

Transportmarknadens val av transportlösning styrs bland annat av transportköparens val. Kriteriet för dessa val styrs bland annat av att minska eller minimera en kostnad. Utyttjandet av en utvecklad valmodell för godstransporter gör det möjligt att mäta transportmarknadens val, där både val av transportmedel och val av rutt samt dessutom för olika godsslag. Genom att införa en infrastruktur för luftskepp samt ett transportmedel som beskriver luftskeppets egenskaper kan användningen av en modell av detta slag mäta potentialen för att välja alternativet med luftskepp. Tillgängliga validerade modeller av detta slag gör det således möjligt att strukturera och analysera luftskeppens potential för godstransporter i ett flertal olika perspektiv som exempelvis följande;

- a) Mängden gods som överflyttas från lastbil eller järnväg till luftskepp.
- b) Överflyttningar på nationell nivå eller europeisk nivå.
- c) Förändringar i potentialen för luftskepp då förändringar uppstår, till exempel oljepriset ökar eller att nya regleringar görs i infrastrukturen.

Genom att utnyttja en modellansats som redan flitigt har använts i Sverige, och som fortlöpande valideras mot nya data, kan man relativt enkelt räkna ut potentiella vinster som finns med att använda luftskepp som nytt transportmedel.

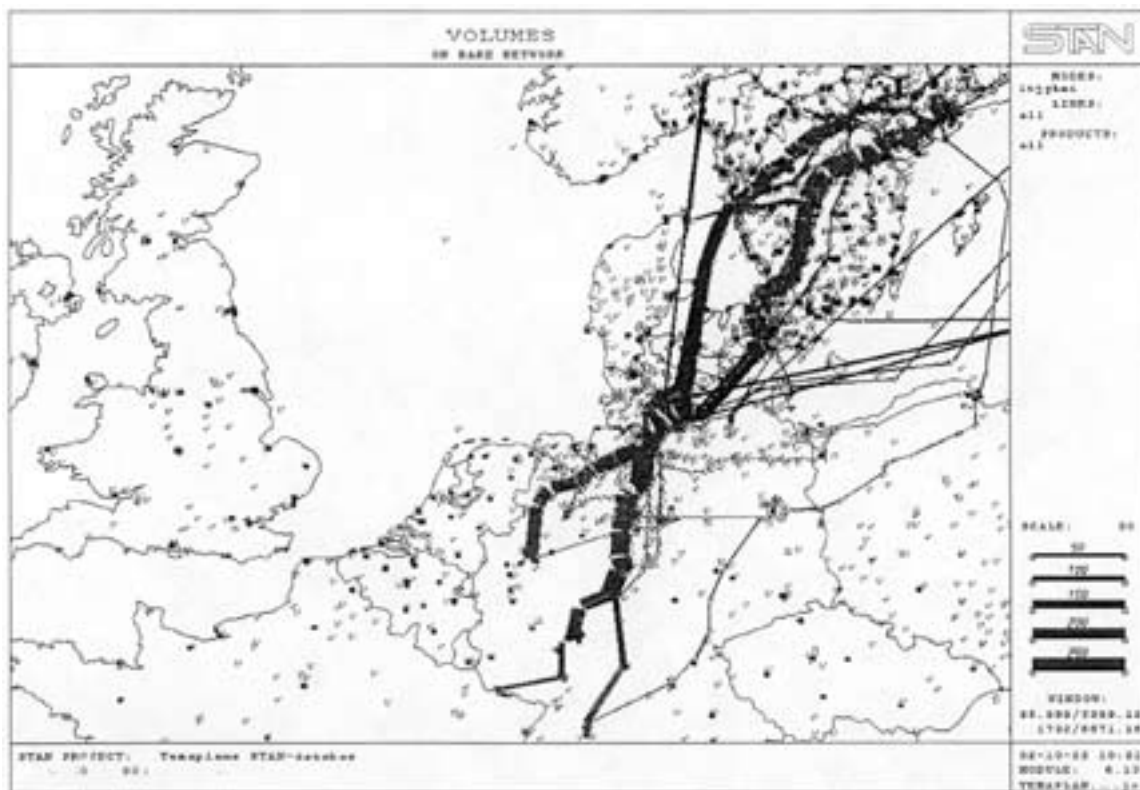
Exempel på modellberäknade godsflöden - utan respektive med luftskepp

Nedan illustreras ett exempel på hur transportmedelsvalet förändras då en luftskepps-förbindelse etableras mellan Mälardalen och västra delen av Tyskland. Exemplet utgår från export och import av gods mellan 63 olika regioner (kommuner) i Mälardalen och 22 regioner i västra Tyskland (se figur 1).



Figur 1. Export och import av gods mellan 63 kommuner i Mälardalen och 22 regioner i västra Tyskland.

Modellen beräknar fördelningen av uppkomna godsflöden på infrastrukturen för lastbil, järnväg och färjor (se figur 2).



Figur 2. Figuren visar vilken typ av transportslag som används, vilka rutter som väljs samt hur mycket gods som transporteras på varje rutt.

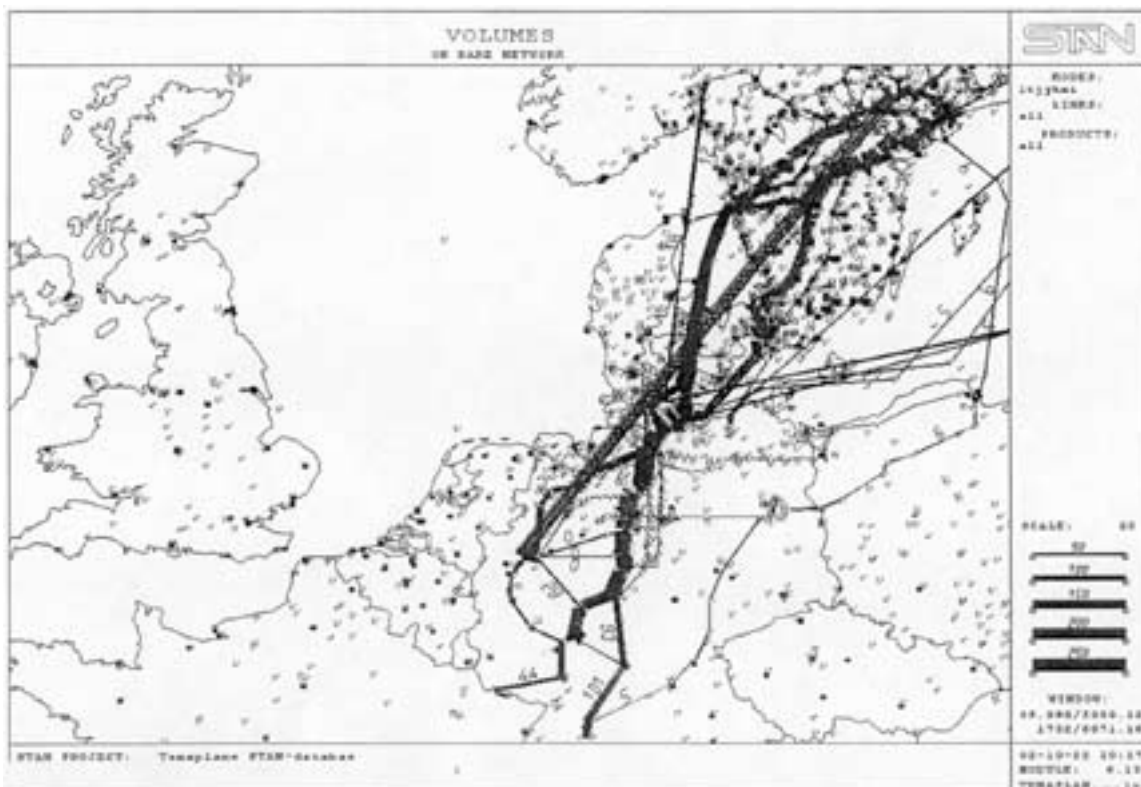
I det nya alternativet etableras ett luftskeppsalternativ med en förbindelse mellan en luftskeppsklippsterminal i Mälardalen (Västerås) och en terminal i västra Tyskland (Dusseldorf), (se figur 3). I dessa terminaler sker omlastning mellan lastbilar/järnväg och luftskepp. Lastbilarna och järnvägen nyttjas i detta fall både för transporter till mellan regionerna i Mälardalen och i västra Tyskland men också för transporter mellan luftskeppsterminalen och övriga regioner i Mälardalen respektive västra Tyskland.



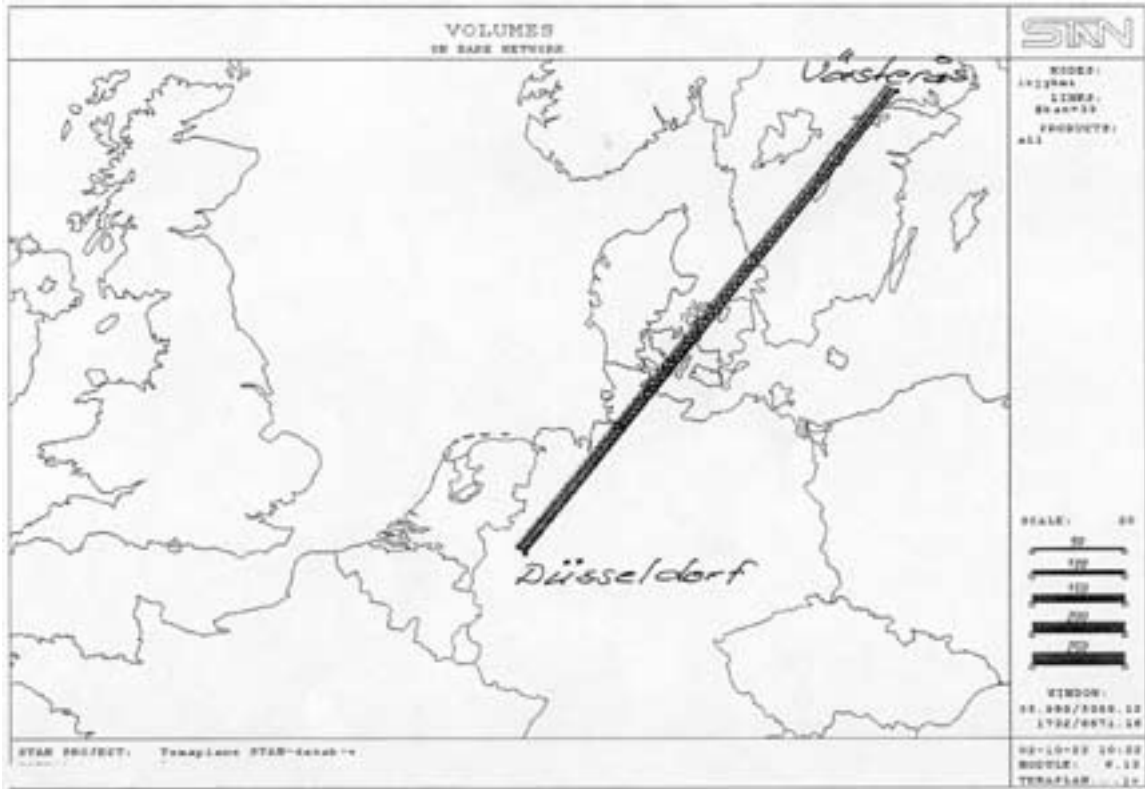
Figur 3. I denna figur visas två alternativa lokaliseringar till luftskeppsterminaler, en i Sverige och en i Tyskland.

I det nya alternativet, med möjlighet att också nyttja den etablerade luftskeppsförbindelsen, visar modellberäkningen att en överflyttning till luftskepp har skett (se figur 4). Överflyttning har i detta fall skett både från lastbil och från järnväg. Figuren visar också att godsmängden med luftskepp är i nivå med transportererna på lastbil och järnväg.

En beräkning av det totala godstransportarbetet (uttryckt som tonkilometer) för lastbil i de två fallen visar också att detta reduceras med 25 – 50 procent. Denna reduktion indikerar också en reduktion av CO2 utsläppen i motsvarande storleksordning.



Figur 4. Figuren visar en ny fördelning av godstransporter när även alternativet luftskepp finns med som alternativ..



Figur 5. Denna förbindelselänk visar dels start- och målplats för en luftskeppslinje, dels kapacitet.

15. Framtiden

En del bedömare menar att första decenniet på vårt nya århundrade kommer att bli ihågkommet som det år då klimatfrågornas fokusering kastade nytt ljus över världens utvecklingsmodell. Vi ser till exempel en pånyttfödelse av gamla tekniker som vindkraften som i dag blivit big business. Pånyttfödelsen av äldre teknologier stannar dock inte vid vindkraften som vi påtalat i denna studie utan en av de mest fantasieggande är kanske luftskeppen eller lättare-än-luft tekniken. På samma sätt som för vindkraften kan teknologiområdet "lättare-än-luft" komma att utvecklas till ett betydande fält för ekonomisk aktivitet.

Stora värden och dålig infrastruktur

Det som driver intresset och motiverar stora utvecklingsinsatser för luftskeppsutveckling är de vinster som förmodas uppnås med att använda denna teknologi och där alternativen ter sig dyrare eller mer komplicerade. Den tidigare refererade konferensen i Friedrichshafen 9 – 11 oktober 2008 framkom att de behov som driver på utvecklingen antingen handlar om olika exploateringsbehov av naturtillgångar som kobolt/koppar/diamanter/olja/gas/mineraler/timmer eller behov som emanerar utifrån försvarspolitiska och säkerhetspolitiska utgångspunkter men också olika typer av gränskontroller. Detta innebär att delar av Afrika, Sydamerika, Ryssland och Kanada är områden av särskilt intresse vid exploatering av naturtillgångar. Beträffande de militära, försvarspolitiska och gränskontroller är det geografiska området betydligt mer omfattande och behoven uppstår nästan var som helst på jorden. Till detta skall läggas humanitära och andra civila användningsområden där FN och deras olika organ för katastrofbistånd är ett centralt exempel.

Transporter för industriella ändamål är exempel på ytterligare transportbehov, våra exempel med vindkraft och prefabricerade hus är bara två bland många, där vi når en gränslinje där inte enbart transporterna kan hänföras till stora värden och dålig infrastruktur. Dessa senare behov kan uppstå i helt andra geografiska lägen som under rätt förutsättningar ändå kan vara lönsamma för att utnyttja luftskeppstransporter.

Fler exempel

Som tidigare påpekats startades bolaget DELAG, Deutsche Luftschiffahrts-AG redan 1909, som året därpå startade turistflygningar och inrikesflyg där nästan 41 000 passagerare under 1600 flygningar genomfördes utan en enda olycka. Luftskepp innehar

också en del tidiga rekord. Exempelvis utfördes den första interkontinentala flygningen av ett luftskepp vilket skedde med ett tyskt militärluftskepp 1917 som skulle undsätta sina trupper i Afrika. Även den första tur och retur resan över Atlanten utfördes av ett luftskepp.

Moderna luftskeppssystem utför redan i dag en rad uppgifter runt om i vår omvärld som är relativt dåligt belysta i svensk press. I södra Tyskland och i det schweiziska alplandskapet bedrivs turisttrafik med luftskepp. Under Aten-OS utnyttjades luftskepp för övervakning av telekommunikationer där bland annat syftet var att förhindra terroristattacker. På Trinidad-Tobago använder polisen luftskepp som ett led i sin brottsbekämpning. I Botswana letade De Beers efter diamanter med hjälp av luftskepp (råkade dock nyligen ut för ett haveri när man under ett oväder var mastad vid marken).

Andra användningsområden är trafikövervakning (USA och Ryssland), forskningsändamål (Afrika), minröjning (Kosovo), reklam (på ett flertal platser), luftförsvarssystem (USA), som några exempel. I Tyskland har Zeppelinföretagen kommit långt när det gäller att utveckla ny teknik och nya användningsområden i kombination med luftskepp. Mycket görs inom miljö och klimatområdet där luftskeppen har en klar konkurrensfördel visavi övriga tekniska lösningar. Kanada är kanske den nation som kommit längst i tänkandet hur man kan använda luftskepp i dagligt liv. Landets infrastruktur täcker cirka 30 procent av landets yta och man funderar på fullt allvar hur ett luftskeppssystem, både skall kunna serva industriell verksamhet och service till invånare i perifera delar av landet.

Växande krav

Vad finns det egentligen för skäl att satsa på detta gamla teknologiområde? Det korta svaret är att det ibland är mycket lönsamt. Till exempel när det inte finns andra alternativ, eller när alternativen är för kostsamma. I fallet med diamantprospektering i Botswana fanns ett annat alternativ, men kostnader och effektivitet med ett luftskeppssystem var helt överlägset. Prospektering är självfallet ett hett område just nu men kanske är transportområdet generellt det mest omfattande och närliggande på sikt.



Bildtext. Det nya CargoLifter har gjort ett antal test, försök och beräkningar med transport av vindkraftsturbiner eftersom dessa kan vara svåra att transportera och montera i svåra terrängförhållanden. En transport av dessa turbiner för de fall vi granskat visar att på grund av längden av dessa turbinblad innebär att de vägar och den infrastruktur som ibland krävs måste anpassas till dessa transporter. Med ballonglyft kan man hantera dessa transporter, så kallade last mile problematik, på ett annorlunda sätt som minskar behovet av omfattande infrastrukturbyggnader. Man kan också tänka sig att underhållet av förstörda turbinblad kan effektiviseras via ett ballonglyftsystem.

Både utbud och efterfrågan på transporter genomgår just nu en genomlysning via nya kravspecifikationer som innebär att kraven på att transporterna ska vara klimatneutrala, energieffektiva samt miljöanpassade. Detta förändrar efterfrågan i grunden. Att göra mer med mindre kommer att bli en överlevnadsfråga för transportbranschen. Ett tecken i tiden var också att DHL var en av föredragshållarna på luftskeppskonferensen i Friedrichshafen vilket underströk vad chefen för Lockheed Martin LTA sade på samma konferens, nämligen att i dag finns fler stora kunder än försvarsmakter.

Ultrastrukturer

Alla våra transportslag opererar inom ett givet infrastruktursystem som utgör ramvillkoren för hur gods och varor kan transporteras över världen. När det gäller luftskepp finns inte samma bundenhet till en infrastruktur genom att dessa kan operera delvis helt fritt från dessa. Man kan till och med tala om en ultrastruktur, det vill säga en struktur bortom de vi vanligen tänker och föreställer oss i transportsammanhang.

Internetbegreppet "connectivity", vilket innebär att alla skall nå alla andra, överallt och alltid, kan ses som en metafor för denna teknologi.

I denna kontext representerat luftskepp bland annat följande egenskaper;

- a) är tystgående,
- b) är miljövänliga på flera skilda sätt,
- c) kan operera 24 timmar i ett stadslandskap eftersom man är tystgående, det vill säga mycket hög tillgänglighet
- d) utsläppen är små med tanke på liten motorstyrka för att transportera tunga laster,
- e) kan leverera gods point-to-point vilket innebär att man inte behöver omlastningscentraler,
- f) stör inte andra transportslag,
- g) små anspråk på infrastrukturinvesteringar
- h) kan nå alla platser,
- i) kan lätt etablera nya transportrutter och därmed serva nya marknader,
- j) kan ingå i olika logistikkedjor,
- k) är inte belastade med invanda tankemönster och traditioner inom transportområdet,
- l) kan lätt utbyta last mellan andra transportslag.

Hinder

De finns nackdelar och svagheter som vi tidigare kommenterat. Även om luftskepp testats i större skala, före första respektive före andra världskriget, har de inte kunnat demonstrera sina förtjänster i dagens högteknologiska samhälle. Få beslutsfattare i dag känner till luftskeppsteknologin vilket försvårar för möjligheterna att få investeringsmedel. Kanske är man mer väderberoende än andra transportslag, men alla transportslag är väderberoende. Men även infrastrukturen är väderberoende och vi har redan sett områden i världen som drabbats av global warming vilket ökar nyttan med ett transportmedel som är relativt oberoende av infrastruktur. Sårbarheten för störningar är i flera avseenden mindre än för konventionella system där relativt små avbrott eller störningar på en plats kan lamslå ett helt transportsystem. Här finns många exempel även i vårt högeffektiva samhälle. Till förklaringarna varför luftskeppen inte finns och opererar i dag är också att luftskeppsindustrin är minimerad mot förr då runt 20 000 arbetade inom branschen mot 300 i dag (uppgifter från konferensen i Friedrichshafen). Men med tanke på styrkan och möjligheterna inför framtiden är dessa hinder hanterbara och möjliga att påverka.

Kopplingar till det svenska postindustriella samhället

Under årens lopp har vi stött på en rad svenska företag som mycket väl skulle kunna gynnas av luftskeppstransporter respektive stärka detta potentiella transportslag.

Att flytta förnyelsebar energi i form av pellet eller motsvarande utan att lägga för stor kraft på de energislukande transportererna är ett användningsområde med svensk anknytning. Det finns ett företag som tagit fram en unik lösning på ballastproblematiken som är användbar för transportluftskepp vilket innebär att de luftskeppssystem som använder vatten som ballast utan problem kan ta in och släppa ut vatten var som helst utan risk för biologiska störningar. Hans Lans och hans navigeringssystem kan bli en viktig pusselbit i nya logistiklösningar med ständig uppdatering av utbud och efterfrågan av transportbehov. Mobilsystem och luftskepp är en annan kombination där vi som nation har mycket att hämta.

Att bygga sjukhusenheter, paketerade eller helt färdiga att sätta upp, kan bli en svensk specialitet med tanke på svenskt logistikkompetens och industriellt systemtänkande. Ultrarent bränsle är ett annat bidrag där ett svenskt företag, EcoPar, utvecklat ett syntetiskt drivmedel för dieselmotorer, respektive syntetiskt Jet A1 för jetmotorer. Dessa syntetiska drivmedel produceras ur syntesgas. Genom att företaget använder naturgas som råvara till syntesgasen, som annars skulle facklas bort, tar man vara på ett

energisortiment som annars skulle förlösas. I ett nästa utvecklingssteg, när produktionen av syntesgas sker från olika sorts biomassa och biogas blir kommersiellt tillgänglig, skulle luftskeppen kunna bli helt klimatneutrala. Ytterligare ett exempel är ett datorprogram som sorterar olika ämnen från havsbotten som mycket väl kan bäras av ett luftskepp. Denna lista över möjligheter med svensk anknytning är säkerligen mycket lång och oväntad.

Entreprenöriella individer kommer att se en myriad av möjligheter. Och inte bara idéer kopplade till transporter utan helt andra idéer till affärsidéer. Nytankande och självständigt tänkande innebär gränsöverskridande och den varan kommer att behövas än mera i ett Sverige som är extra utsatt för cykliska marknadsrörelser eftersom vår ekonomi är starkt exportberoende. Det är om detta som luftskepp också handlar. Och vi är bara början av en fas där korskopplingar mellan olika teknologiområden ger människan nya utvecklingsverktyg.

16. Referenser

Claes Dalman, PEAB

Stefan Lindbäck, Lindbäcks Bygg

Thomas Olofsson, Luleå Tekniska Universitet

Lars Gutwasser, PEAB

Gunnar Ahldén, Schenker

Fredrik Anheim, NCC

Carl von Gablenz, CargoLifter

Mirko Hörmann, CargoLifter

K M, CargoLifter

Michael Rentel, Airship Association

Alexander Kirilin, Aerostatica

Kenneth Bergquist, Svevind

17. Rapportförfattarna

Matts Lundin är skeppsbyggare och mariningenjör samt utbildad forskare på KTH.

Han har arbetat som forskare inom transportsektorn och varit lärare och föreläsare i Farkostteknik på KTH. Hans doktorsavhandling har titeln ”En värdering av hanteringssystem för enhetslastar i svenska hamnar”. Han har de senaste åren arbetat som konsult på Temaplan och Tyrens med uppdrag inom transportsektorn med uppdrag från trafikverken, SIKa och olika transportföretag, bland annat rederier och hamnar. Han har också medverkat i ett flertal EU projekt och har därmed etablerat ett kontaktnät i den svenska och europeiska forskarvärlden.

Ulf Svensson är utbildad civilekonom på Handelshögskolan i Göteborg. Han har arbetat som forskare på Chalmers Tekniska Högskola, Arkitektursektionen, avdelningen för Stadsbyggnad och Trafikplanering. Bland längre uppdrag kan nämnas arbete med strukturomvandlingen i Bergslagen, svenskt bistånd via SIDA, användning av digitala verktyg för grafisk produktion och turistfrågor. Han arbetar numera som konsult och projektledare. Är medlem i Airship Association sedan många år.

