

Flygets miljö- och klimatpåverkan

Ett utdrag ur

 NRIFA Flyg 2020

 **Innovair**



Perspektiv: Flygets miljö- och klimatpåverkan

Globaliseringen fortsätter, och flyget behöver bli grönare. Här försöker vi reda ut vilka möjligheter som finns inom det teknikparadigm vi ser framför oss.

ÖKAT FLYGANDE KRÄVER SVENSK INNOVATION

Inte minst i tidigare utvecklingsländer innebär en ny och rikare medelklass en snabbt ökande grupp nya passagerare som vill se den övriga världen. Detta ökande resbehov bidrar till att flyget globalt bedöms fortsätta växa med upp till fyra–fem procent per år under åtminstone några decennier till.

Innovairs samlade aktörer bidrar till att utveckla nya säkra, tillförlitliga och bränsleeffektiva flygplan och flygmotorer som leverantörer till de stora OEM som i sin tur tar fram morgondagens flygplan och motorer. Poängen för svenska aktörer är att deras produkter når den globala marknaden då produkterna ingår i alla nya flygplan och motorer, vare sig det är i Sverige eller någon annanstans. Genom att svenska produkter, genom sin design och konstruktion, når denna marknad är svenska innovationsaktörer med och bidrar med miljövänligare lösningar som leder till ett mer hållbart flyg. Dessutom skapar flygteknisk innovation i Sverige kvalificerade arbetstillfällen och exportintäkter.

MILJÖMÅLEN

Miljömålen för flygsektorn i Europa har formulerats av Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe (ACARE) i olika omgångar sedan 2001. Senast gjordes det i dokumentet Flightpath 2050, där målen för år 2050 (med år 2000 som referensår) satts till:

- **CO₂**: reduktion med 75 %.
- **NOx**: reduktion med 90 %.
- **Buller**: reduktion med 65 %.

Till ACAREs mål har nu även aderats Parisavtalet samt EU:s politiska åtagande om reducerade CO₂-utsläpp.

Sammantaget leder detta till starkt miljöfokus för Europas flygforskning inför kommande ramprogram Horizon Europe.

En god översikt av flygets miljöfrågor inklusive buller finns i ICAO:s senaste miljörapport (se faktaruta). I rapporten anges att flygets andel av de koldioxidutsläpp som härrör från mänsklig aktivitet är drygt två procent. Av dessa två procent härrör två tredjedelar från internationella flygningar (förväntas öka en aning till 2050). Anledningen är förstås det ökande flygandet i världen, främst i Asien med ett allt större välstånd i flera stora ekonomier.

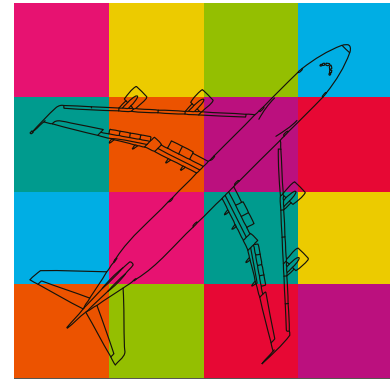
Innovair har sammanvägt olika prediktioner av hur fort flyget växer. Sammanvägningen indikerar en tillväxt på 4,5 procent per år fram till 2030, varefter en avmattning antas ske till två procents årlig tillväxt 2070. Om ny miljösmart teknik tillförs i dagens takt kommer ändå CO₂-utsläppen, på grund av det ökade resandet, att vara dubbelt så höga 2050 som 2017.

Utsläppen ökar sålunda fortare än vad utvecklingen mot miljövänligare teknik med dagens tempo kan uppväga. För att flygets globala miljöpåverkan inte ska öka måste utvecklingstakten öka och åtgärder vidtas.

MÖJLIGHETER PÅ SEX OMRÅDEN

Vi kan gruppera de olika möjligheter som står till buds för att minska flygets miljöpåverkan till sex olika ”insatsområden”:

- 1 nya lättare, effektivare **flygplan**;
- 2 nya lättare, effektivare **flygmotorer** med ny brännkammarteknologi för minskade partikelutsläpp;
- 3 förbättrade **trafikledningssystem**, smarta **flygrutter**, **adaptiv flyghöjd** för undvikande av kondensstrimmor) och högre **beläggingsgrad** (mer välfyllda flygplan);
- 4 införande av **biobränslen** och **syntetiska bränslen**, först för inblandning i dagens bränslen och längre fram helt nya bränslen som kräver omfattande teknikkraften;
- 5 införande av **elektrisk framdrivning**;
- 6 **legislativa åtgärder**.



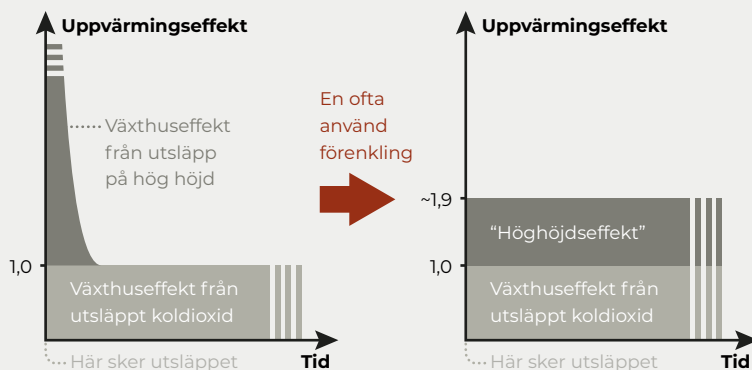
ICAO OCH DERAS RAPPORT

ICAO, som står för International Civil Aviation Organization, är en FN-myndighet med globalt ansvar för att upprätthålla säkert, effektivt, ekonomiskt och hållbart flyg i världen.

ICAO:s senaste miljörapport hittar du på [innovair.org/icaoreport](https://www.icao.org/icaoreport).

HÖGHÖJDSEFFEKTEN

Koldioxiden i flygmotorernas avgaser stannar i atmosfären i hundratals år och skapar en värmeisolerande växthuseffekt. En annan växthuseffekt fås när flygavgaserna släpps ut på mer än 8 000 meters höjd; vattenånga och kväveoxider i de varma avgaserna resulterar i kondensstrimmor och cirrusmoln. Dessa strimmor och moln bidrar till växthuseffekten men är inte alls lika långlivade som själva koldioxiden utan försvinner efter ett antal veckor. Sammantaget fås alltså en mycket stark uppvärmningseffekt första månaden, sedan betydligt lägre.



Det är vanskligt att väga samman de båda effekterna på grund av att de har så olika livslängd. Ett möjligt sätt att förenkla resonemanget är att skapa ett medelvärde över tid genom att multiplicera koldioxidutsläppen med en viss faktor. 2010 föreslogs denna faktor sättas till 1,9, och i dagsläget är detta förenklade tankesätt relativt utbredd. Varken faktorn i sig eller värdet 1,9 är dock vetenskapligt bevisade eller ens överenskomna; av just denna anledning är faktorn konservativt satt och ska ses som ett "worst case".

Tyska DLR utför just nu mätningar av utsläpp i realtid under olika förhållanden för att bygga upp kunskapen på området. Innovair kommer att fortsätta bevaka utvecklingen.

Källa: se innovair.org/hoghojdseffekt.

Inom vissa av dessa insatsområden sker redan intensiva internationella samarbeten; för vissa har insatserna bara börjat. När det gäller vad man kan styra legislativt så kan en del ske nationellt, men mycket måste ske genom globala överenskommelser. Detta innebär att tidsaxlarna för de olika punkterna är helt olika.

Nedan diskuterar vi de tekniska möjligheter som står till buds per insatsområde och därefter ger vi en sammanfattande bild som visar vilka effekter de olika förbättringarna ger. Här framgår att flyget, med ett realistiskt antagande om resandetillväxt, kan komma ned i hanterbara utsläppsnivåer i relation till målen i Parisavtalet genom att kombinera de sex möjliga insatsområdena.

1-2. Flygplan och flygmotorer

När det gäller punkterna 1 och 2 ligger ansvaret på de tillverkande företagen. Denna verksamhet är till stor del strukturerad via internationell samverkan, speciellt inom EU där man utöver att finansiera traditionell forskning lägger stora resurser på programmet Clean Sky, som nu är inne i sin andra fas och där en fortsättning förväntas inom det nya ramprogrammet Horizon Europe som startar 2021.

Både Saab och GKN Aerospace är medlemmar i Clean Sky på högsta nivå och bidrar med skarpa aktiviteter för att tillsammans med övriga parter uppnå de långsiktiga målen. När resultaten av det första Clean Sky-programmet summerades efter avslutningen 2017 kunde konstateras att de nyutvecklade teknologierna kan minska CO₂-utsläppen med 32 %. Därefter har Clean Sky 2-programmet tagit ytterligare steg. Exempel på bidragande – och prisvinnande – teknologier med stor svensk medverkan är laminärström-

RESULTAT: MILJÖVINSTER, KONKURRENSKRAFT, EXPORT OCH SYSSÄTTNING Innovationsaktörerna inom flygteknik i Sverige har kunnat producera utsläppsminskande tekniska landvinningar, som i sin tur skapar konkurrenskraft (och möjligheter till deltagande i internationell utveckling) liksom direkta exportintäkter och sysselsättningsförtjänster. (Se innovair.org/showcase)

13

13

ningsvingen BLADE och open rotor-motorn (se innovair.org/showcase).

Vi ser också att dessa nya teknologier successivt börjar implementeras i den kommersiella flygplansflottan. Varje ny flygplansgeneration har minst tio procents lägre bränsleförbrukning än föregående. Historiskt har uppgraderingen av den globala flottan därför lett till minskade CO₂-utsläpp med cirka två procent per år. Målet med Clean Sky är att accelerera denna minskning genom att lyfta fler teknologier snabbara till TRL 6 via demonstratorer.

3. Trafikledningssystem, flygrutter, adaptiv flyghöjd och belägningsgrad

Flygbranschen har redan sänkt bränsleförbrukningen per passagerare med cirka 70 % under de senaste 50 åren, vilket har skett genom en kombination av teknisk utveckling, effektivare flygningar och väsentligt mer fullsatta flygplan än tidigare. I dag ligger normal fyllnadsgrad för samtliga flygningar runt 85 %, och exempelvis tunnare flygstolar och liknande smarta lösningar kan ytterligare öka antalet passagerare i en given kabinvolym.

Även vad gäller flygtrafikledningssystemen finns förbättringspotential. Dessa system har väsentligen varit av nationell karaktär men nu har Europa ambitionen att skapa ett enda gemensamt luftrum kallat ”Single European Sky”, bland annat genom JTI SESAR (Single European Sky ATM Research, där ATM står för air-traffic management) med avsikten att optimera varje enskild flygning så att den sker efter bästa rutt och flyghöjd. På den tekniska sidan kräver detta ökad automatiseringsgrad, standardiserade och interoperabla system samt en hög grad av virtualisering. Här bedöms AI erbjuda ökade möjligheter att utgående från insamlade data om flygplanindivider, väder, tidtabeller med mera skapa

optimerad och dynamisk ruttplanering och flyghöjd för såväl regionala som interkontinentala flygningar. Målet är att reducera flygets miljöpåverkande effekter exempelvis genom att undvika ”holding” med onödig bränsleförbrukning eller att minska exponeringen i områden med risk för bildning av kvarliggande kondensstrimor, vilka enligt ovan ger stort bidrag till växthus-effekten.

I Sverige finansieras deltagande i SESAR främst av Trafikverkets forskningsportfölj för flyg med deltagande från Saab, LFV och olika akademiska aktörer.

4. Biobränslen och syntetiska bränslen

Om ett flygbränsle är av fossilt ursprung tillhör inte avgasernas koldioxid det naturliga kretsloppet; den blir ett oönskat tillskott. Alternativa fossilfria bränslen – biobränslen, syntetiska bränslen, vätgas med mera – kommer att ha en viktig roll i flygets omställning mot lägre koldioxidutsläpp eftersom de inte innebär något tillskott av koldioxid till kretsloppet.

Alternativa bränslen av drop-in-karaktär (se faktaruta), i det här fallet flygfotogen tillverkat från bioråvara, ofta via förgasad biomassa, har potential i närtid, eftersom de inte kräver några stora tekniska modifieringar av flygplan eller flygmotorer. I dag tillåts upp till 50 % biobränsle för civil flygning; högre andel är främst en internationell certifieringsfråga (se legislativa åtgärder nedan).

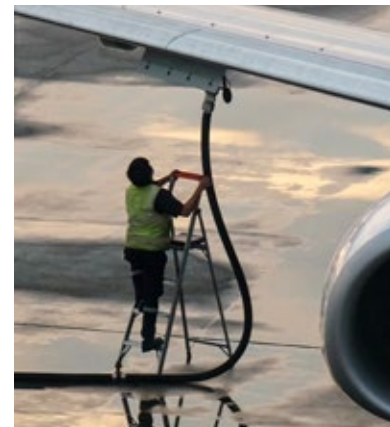
I Sverige har Försvarsmakten i ett gemensamt projekt med Air Force Research Laboratory i USA demonstrerat världens första enmotoriga flygning med 100 % biobränsle, utförd med Gripen. Biobränslen har utöver positiva miljöeffekter ett strategiskt värde för Försvarsmakten då tillgång till inhemskt tillverkat bränsle skulle ge

FLYGUTSLÄPP I RELATION

De globala koldioxidutsläppen från flyget utgör omkring två-tre procent av de totala människoskapade koldioxidutsläppen. Med inräknade höghöjds effekter (se faktaruta på sidan 32) står det globala flygandet för fyra-fem procent av människoskapade utsläpp.

När det gäller svenskars utsläpp från flyget, sammanräknat in- och utrikes, står vi för omkring en femtusen del (0,2 promille) av de globala människoskapade utsläppen.

1/5000



DROP-IN-BRÄNSLEN

Alternativa bränslen av drop-in-karaktär är sådana att de kan ersätta fossilt bränsle utan att man behöver justera eller byta vare sig flygplan eller infrastruktur.



oss ett oberoende av bränsleimport i en krissituation.

Det primära problemet med bio-bränslen är att den initiala investeringen är alltför tung för någon kommersiell aktör att bära. Dessutom tar det tid att bygga upp konkurrenskraftiga produktionsanläggningar. RISE driver projekt avseende biobränslen i Sverige och i möten med Innovair har angetts att det nu utvecklas metoder där råvaran är avfall från skogsindustrin vilket kan vara en möjlig lösning. Med ett sådant scenario kan priset på biobränsle förväntas sjunka avsevärt.

På längre sikt är även non-drop-in-bränslen, som alltså kräver helt nya system för bränslehantering, av stort intresse. Flytande biogas (liquid biogas, LBG) ser lovande ut liksom flytande väte och flytande metan. Flera tekniska utmaningar återstår dock vad gäller transport och lagring liksom behovet av genomgripande förändringar av fordon och infrastruktur. Det finns även osäkerheter kring bränsleceller och vätgas som lösning för flyget på lång sikt eftersom gasturbinen är betydligt mer lämpad för snabba effektuttag och många gånger lättare än (dagens) bränsleceller.

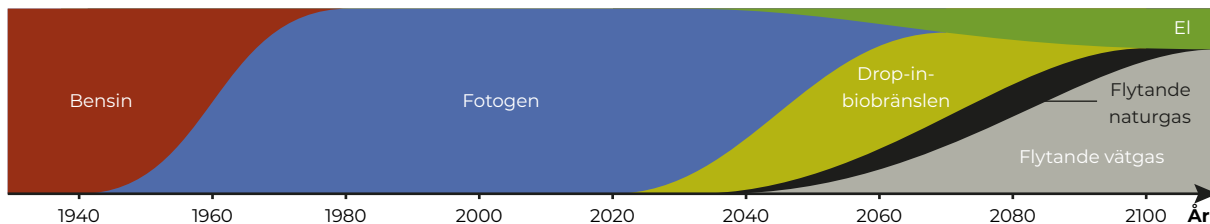
Det är dock viktigt att inse att ett byte till icke-fossilt bränsle inte åtgärdar mer än den rent koldioxidrelaterade delen av utsläppen; om man räknar med höghöjdseffekten (se sidan 32) kvarstår nästan hälften av den

totala uppvärmningseffekten så länge flygningar sker över 8 000 meters höjd.

5. Elektrisk framdrivning

Ökad grad av elektrifiering av både flygplan och motorer är en redan påbörjad trend som kommer att fortsätta växa. En helt elektrifierad framdrivning förväntas dock vara begränsad till mindre, regionala flygplan på grund av det låga energinnehållet per viktighet hos batterier. Energinnehållet hos flygfotogen ligger runt 12 kWh/kg och dagens bästa batterier ligger på runt 1/70 av detta, vilket betyder att de nödvändiga batterierna för en given flygresa skulle väga 70 gånger så mycket som flygbränslet för samma resa. Dock är verkningsgraden bättre hos elmotorer än hos typiska turbopropmotorer och därför blir kvoten mellan vanligt flygbränsle och batterier cirka 30. Även med tio gånger bättre batterier än i dag skulle flygfotogen ha en faktor tre i viktmissigt övertag, vilket i praktiken skulle innebära att eldrivna passagerarflygplan för fler än 100 passagerare och sträckor längre än 70 mil inte skulle kunna bli verklighet – och det är just detta större mellan- och långdistanssegment som utgör den största delen av det globala flygets utsläpp.

Följaktligen anser den samlade flygbranschen att full elektrifiering primärt är förbehållen mindre flygplan som flyger kortare sträckor på lägre höjd, typiskt för regionala ändamål. Ren



Historik och prognos över drivmedel för flyg. Källa: Andrew Rolt, Cranfield University.



elframdrift är, med den teknik vi i dagsläget bedömer kunna utvecklas fram till 2040–2050, enbart aktuell för den ”nedre delen” av turbopropmarknaden – som i dag förbrukar en procent av flygbränslet globalt.

Hybridisering – en kombination av traditionella turbojetmotorer och elmotorer – är dock ett alternativ som kan komma att ha positiv effekt på större trafikflygplan. Detta ger nya möjligheter till minskad bränsleförbrukning även för medel- och långdistansflyget. Motortillverkarna förutspår uppåt 10 % bränslereduktion genom hybriddrift på trafikflyg. Även här väntas tekniken införas först i mindre flygplan.

En parallell möjlighet är användningen av elmotorsystem för taxning av plan på landningsbanor utan användning av huvudmotorerna. Dessutom införs olika elektriska system i nya flygplan där de bland annat ersätter hydraulsystem.

6. Legislativa åtgärder

Det finns en stark politisk vilja att minska flygets miljöpåverkan. När det gäller de fem ovan behandlade punkterna kan detta ske på lite olika sätt.

I Sverige förväntas politiska beslut som leder till ökade satsningar på innovation, inklusive demonstratorprogram, att ge god miljöeffekt på nästa generations flygplan där svenska komponenter och system då bidrar till lägre utsläpp från hela flygplansflottan ”worldwide”, tack vare att effekterna når samtliga världens passagerare, inklusive den grupp i Asien som helt dominerar flygets ökande användning.

När det gäller flygtrafikledningssystem är ett gemensamt förhållningssätt till införandet av nya standardiserade och samfungerande system i det europeiska lufttrafiksystemet något där politiken tydligt kan bidra.

Avseende biobränslen kan politiska

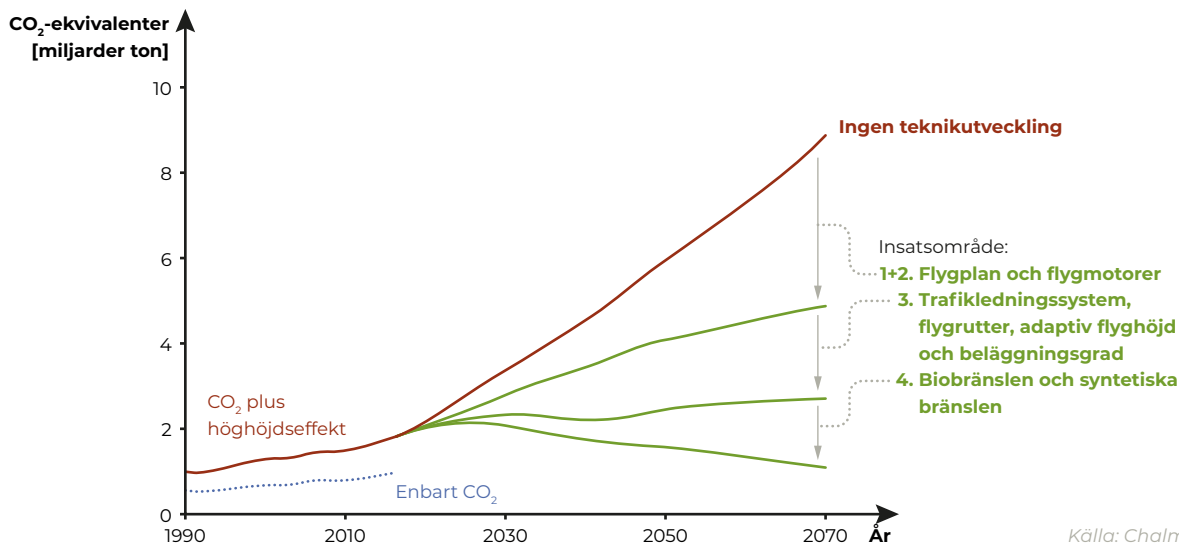
beslut tas på rent nationell nivå eller tillsammans på nordisk, europeisk eller global nivå. Politiska verktyg för att med skatter och avgifter minska användningen av fossila bränslen inom flyget bör riktas mot just detta, för att stimulera ny miljövänligare teknik, lägre bränsleförbrukning och nya bränslen. Handeln med utsläppsrätter (EU-ETS) kan vara ett bra verktyg för detta. I Sverige kommer det med stor sannolikhet också att införas en reduktionsplikt för flyget från och med 2021. Den innebär en inblandningsgrad av fossilfritt bränsle på 1 % 2021 som ökar till 5 % 2025, 30 % 2030 och sedan – med internationell certifiering på plats – går mot 100 % 2045 då det inte ska tankas fossilt flygbränsle överhuvudtaget vid svenska flygplatser. Liknande initiativ finns i andra europeiska länder.

Till syvende och sist måste alla politiska satsningar avväga kostnader mot erhållna resultat. Dessa kan mätas på två sätt: dels global påverkan på miljön, dels det signalvärde som uppnås när ett utvecklade land som Sverige visar omvärlden vad vi vill satsa på. Det är dock viktigt att satsningarna bygger på fakta om vad som ger störst resultat.

SAMMANVÄGNING

Forskare på Chalmers har studerat olika möjliga bidrag som kan minska de globala fossila koldioxidutsläppen och de utsläpp på höjd som också bidrar till den globala uppvärmningen orsakat av flyget. På sidan 36 visar vi en sammanvägd prognos fram till 2070.

Här antas en successivt något avmattad tillväxt, orsakad både av politiska beslut och av det faktum att även Asiens resandeökning avmattas, på samma sätt som redan skett i USA, Europa och Sverige. Det enskilt största



Källa: Chalmers.

Sammanvägd prognos för hur det globala flygets klimatpåverkan kan minska. Några saker bör noteras:

- Höghöjdseffekten (se sidan 32) är inritad i bilden och ger kurvan ett "worst case"-utseende.
- Den enda chansen att biobränslen och syntetiska bränslen (4) ska räcka till i den omfattning som grafen visar är att bränsleförbrukningen kontinuerligt minskar.
- Det finns ingen mätbar global effekt av elflyg (5) före 2050 på grund av att den möjliga marknaden inom tidsspannet predikteras till enbart en procent av det globala flyget.
- Legislativa åtgärder (6) har inte tagits med eftersom de varierar från land till land och därför ger upphov till ett integrerat resultat som inte kan bedömas i dag.

bidraget är en antagen teknikutveckling för flygplan och motorer samt effektivare flygplansanvändning som resulterar i minskad bränsleåtgång på 1,5 % per år. Ackumulerat ger detta en stor minskning av de totala utsläppen från flyget. Denna minskning är också en förutsättning för att det biobränsle som introduceras ska räcka till hela den globala flottan (antagande: 0 % år 2020, 100 % år 2070*).

Till detta kan läggas införande av adaptiv flyghöjd som minskar höghöjdseffekten av utsläpp på hög höjd.

* Med "biobränsle" menar vi drop-in-bränslen fram till ca 2050, därefter även andra syntetiska bränslen (se sidan 34).

Sammantaget ger detta att det finns en möjlighet att nå Parisavtalets mål på max en och en halv grads temperaturökning om flyget kan få stå för sju procent av de globala totala utsläppen som 1,5-gradersmålet kräver. Och lösningen kommer att behöva vara en kombination av åtgärder på olika insatsområden. Sveriges roll i utvecklingen är att genom effektiv och konkurrenskraftig innovation förse marknaden med miljömässigt hållbara lösningar som är mer attraktiva för OEM:erna än andra lösningar. Svensk innovation kommer under överskådlig tid att behöva fortsätta vara en av världens främsta för att detta ska lyckas.

Till följd av den nutida debatten om

flygets inverkan på klimatförändringarna anser Innovair att det finns skäl att öka ambitionsnivån i teknikutvecklingen och implementeringen av svenska miljövänligare produkter på marknaden. Därför har vi som ambition att nå vårt uppsatta 2050-mål om fördubblad omsättning och ökad export (jämfört med 2010) redan till 2035. Detta förutsätter en fortsatt politisk vilja att öka de nationella satsningarna på flygteknikområdet som möjliggör ett ökat deltagande i europeiska program, vilka i sin tur är en förutsättning för kommande affärer.

I
D

DISRUPTIVA MÖJLIGHETER

Ovanstående sammanvägda prognos av vilken påverkan de sex olika insatsområdena kommer att kunna leverera bygger på vedertagna antaganden om teknikutvecklingstakten på flygteknikområdet och att utvecklingen sker kontinuerligt, utan avbrott och med en någorlunda predikerad tillväxt.

Liksom på alla områden finns dock möjligheter till tekniksprång, så kallad disruptiv innovation, som kraftigt förändrar utvecklingstakten. Problemet med denna disruptiva innovation är att den inte kan prognosticeras. Vi vet lite eller ingenting om vilka tekniska landvinningar som kan komma att rubba det rådande teknikparadigmet tillräckligt mycket för att vi ska uppleva en drastiskt ökad utvecklingstakt. Speciellt inte när tidshorisonten ligger bortåt 2050.

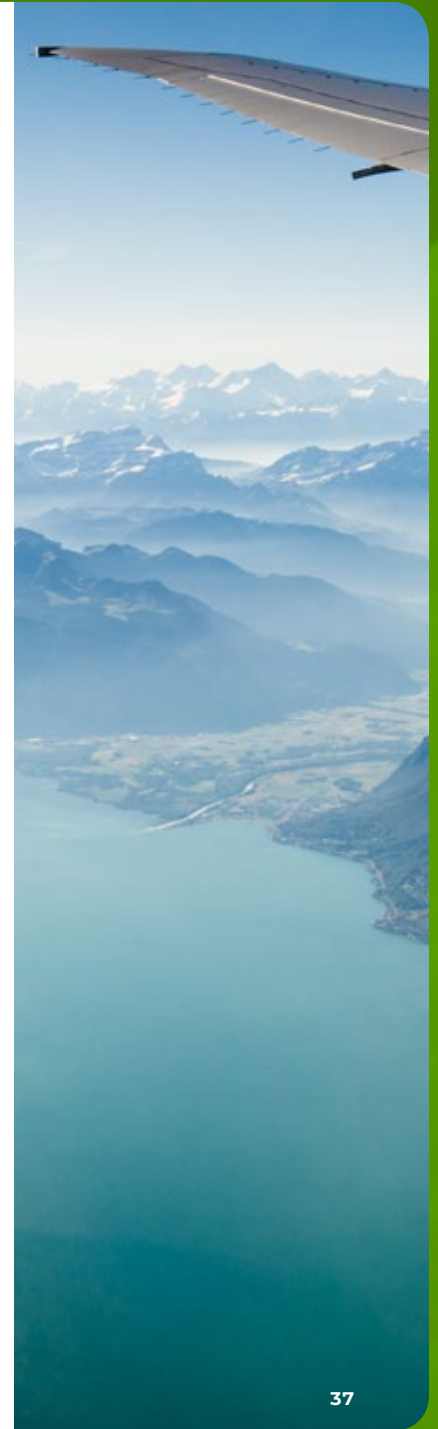
Vad vi däremot kan göra är att skapa så goda förutsättningar som möjligt för disruptiv innovation. Stora tekniskiften bygger visserligen ibland på helt nya upptäckter, men oftare på rön från ett sammanhang som plötsligt visar sig kunna appliceras i ett helt annat sammanhang (dock, av naturliga skäl, på en avsevärt lägre TRL-nivå). I det senare fallet finns det teoretiska möjligheter att bygga mekanismer som underlättar teknikmigrering från ett område till ett annat. Dessa mekanismer skiljer sig i teorin inte alltför mycket från de innovationsunderlättande mekanismer av olika slag som Innovair redan byggt upp inom vårt eget innovationsområde och som redovisats i den här agendan.

Utmaningar finns dock, främst kanske i det faktum att fri forskning och innovation ofta lever i relativt skilda världar. Den fria forskningen hanteras av Utbildningsdepartementet och finansieras till stor del via Vetenskaps-

rådet, medan innovationen huvudsakligen styrs av Näringsdepartementet och finansieras via främst Vinnova. Här finns ytterligare ett tillämpningsområde för den synkreta innovation (se sidan 29) som Innovair sedan länge identifierat som kritiskt nödvändig för ökad samförståelse och tydligare samverkan i den offentliga sektorn.

Om man aktivt vill skapa förutsättningar för disruptiv innovation behöver man beakta följande:

- Uppdelningen i två typer av forskning – sådan som mer eller mindre direkt kan tänkas hitta sin tillämpning i innovationssammanhang och sådan som inte bör styras av industrins behov – cementeras av det faktum att två helt olika finansierare (Vinnova och Vetenskapsrådet) ”äger” varsin typ. Här skapas onödiga väggar mellan forskningsområden som idealiskt borde ha större kontaktytor. **A**
- Mer generellt är kontinuiteten i finansieringen – på samtliga TRL-nivåer – av yttersta vikt. Innovair har med sneda vågens princip tydligt illustrerat nödvändigheten i att samtliga TRL-nivåer behöver vara verksamma utan avbrott för att Sverige ska kunna upprätthålla innovationsförmåga och obrutet leverera konkurrenskraftiga lösningar på marknaden. **E**
- Disruptiv innovation tar tid, eftersom själva migreringen innebär att man ”tappar” några TRL-nivåer. Vill Sverige skapa förutsättningar för att disruptiv innovation ska kunna förbättra effektiviteten i innovationen behöver underlättande mekanismer införas snarast och på ett sådant sätt att inga onödiga glapp uppstår i innovationskedjorna. **B**



UTDRAG UR NRIA FLYG 2020

Text: Detta är ett utdrag ur NRIA Flyg 2020, den strategiska agendan för svensk flygforskning och -innovation. Målsättningen med agendan är att stärka förutsättningarna för internationell konkurrenskraft inom det flygtekniska innovationsområdet. Dokumentet är framtaget av nyckelpersoner vid universitet/högskolor, institut, företag, intresseorganisationer och myndigheter (ACS, Chalmers, FMV, FOI, FTF, Försvarsmakten, GKN Aerospace, KTH, LiU, LTU, RISE SICOMP, Saab, SARC samt SMF och arenor) under processledning av Innovair, vilka tillsammans äger alla rättigheter till dokumentet. Innehållet får gärna citeras om källan uppges tydligt.

Foto/rendering: 1,30–31 Skycolors@Shutterstock.com **33** TarnPisessith@Shutterstock.com

34–35 Ivan Marc@Shutterstock.com **37** Fabian Gysel/iStock/Thinkstock

Redaktion, form, layout, illustration: Gunnar Linn, Linnkonsult linnkonsult.se

Kontakt: info@innovair.org

Ladda ned den fullständiga NRIA Flyg 2020 på innovair.org/nriaflyg2020 eller efterfråga ett tryckt exemplar via info@innovair.org.

