VTI rapport 869
Utgivningsår 2015
www.vti.se/publikationer

Tekniska system

Krav vid införande av ny teknik i förarmiljöer inom alla trafikslag

Christopher Patten
Henriette Wallén Warner

VTI rapport 869 | Tekniska system - Krav vid införande av ny teknik i förarmiljöer inom alla trafikslag

VTI rapport 869

Tekniska system

Krav vid införande av ny teknik i förarmiljöer inom alla trafikslag

Christopher Patten

Henriette Wallén Warner

Diarienr: 2014/0379-8.2
Omslagsbilder: Hejdlösa Bilder AB
Tryck: LiU-Tryck, Linköping 2015

Referat

Syftet med projektet var att ta fram ett underlag för hur Transportstyrelsen kan angripa problematiken med begränsningar i människans kognitiva förmåga och reglementen kring den snabba tekniska utvecklingen inom transportområdet.

Inventeringen av processer vid införandet av nya tekniska system i förarmiljön visar att utformningen av våra nationella föreskrifter för samtliga fyra trafikslag i hög grad styrs av riktlinjer på europeisk och/eller internationell nivå. Att påverka föreskrifter och andra regelverk sker på europeisk och internationell nivå och det är där Transportstyrelsen kommer att behöva fokusera sitt arbete på att få inflytande i framtiden.

Några rekommendationer är att Transportstyrelsen utnyttjar denna möjlighet att komplettera de detaljreglerade regelkraven med funktionsbaserade regelkrav genom obligatorisk användning av testpiloter för alla trafikslag. Det är dock viktigt att man samtidigt utgår ifrån validerade utvärderings-metoder där bedömningsmått utvecklas. Så kallade pass/fail-kriterium bör övervägas. För att bedömningskriterier (och mått) ska kunna fokusera på operatörens kognitiva förmåga, måste man också kartlägga den kognitiva belastningen för alla trafikslag och i olika ”typiska” typer av resor eftersom det är viktigt att ha ett solitt empiriskt referensläge som man som myndighet kan basera sina bedömningar på.

Titel:	Tekniska system – Krav vid införande av ny teknik i förarmiljöer inom alla trafikslag
Författare:	Christopher Patten (VTI, 0000-0002-3815-6639) Henriette Wallén Warner (VTI) (0000-0002-4715-8935)
Utgivare:	VTI, Statens väg och transportforskningsinstitut www.vti.se
Serie och nr:	VTI rapport 869
Utgivningsår:	2015
VTI:s diarienr:	2014/0379/8.2
ISSN:	0347-6030
Projektnamn:	Tekniska system
Uppdragsgivare:	Transportstyrelsen
Nyckelord:	Regelverk, automatisering, kognitiv förmåga
Språk:	Svenska
Antal sidor:	52

Abstract

The purpose of this project was to study vehicle rules, regulations, directives and standards pertaining the development and introduction of technically advanced driver/operator support systems for all mode of transport, commissioned by the Swedish Transport Agency.

The inventory of the process for introducing new technology systems into the operator's environment suggests that the Swedish national regulations for all four modes of transport are to a large degree steered outside of the national arena. The Swedish Transport Agency should therefore consider spearheading their efforts internationally if they are to exert influence on the formation of new rules and regulations.

Some additional recommendations for the Swedish Transport Agency regard the utilisation of function based requirements as a complement to the detailed based rules, including the compulsory use of test pilots for all modes of transport. It is however important to use validated evaluation methods with the development of valid measures. The use of pass/fail criteria should be considered. The evaluation criteria (and measures) should be mapped to the operator's cognitive abilities (to e.g. process information) but must also be based on the operator's cognitive workload for all modes of transport and in a number of typical journey types. It is important that the authorities' decisions are based on solid empirical data.

Title:	Technical systems – Requirements for the introduction of new technology in the driver's environment for all modes of transport.
Author:	Christopher Patten (VTI, 0000-0002-3815-6639) Henriette Wallén Warner (VTI) (0000-0002-4715-8935)
Publisher:	Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI) www.vti.se
Publication No.:	VTI rapport 869
Published:	2015
Reg. No., VTI:	2014/0379/8.2
ISSN:	0347-6030
Project:	Technical system
Commissioned by:	Swedish Transport Agency
Keywords:	Vehicle regulations, automation, cognitive abilities
Language:	Swedish
No. of pages:	52

Förord

En stor del av arbetet med denna rapport har bestått av att leta reda på fordonsföreskrifter, reglementen, förordningar och standardiseringar. En beskrivande liknelse med detta arbete är ”gemino”-förtrollningen i den sjunde boken om Harry Potter (Harry Potter och dödsrelikerna av Rowling, 2007). Gemino-förtrollningen gjorde att allt man tog i multiplicerade sig själv i kubik vid varje vidröring. Varje gång man söker efter ett reglemente eller en ny standard så hittar man ytterligare reglementen eller standarder som är till synes utan slut. Sökandet upprepades för varje transportslag eftersom det finns täta skott mellan dem. Författarna är tacksamma för all hjälp vi har fått från expertisen inom fordonsjuridiken på Transportstyrelsen eftersom vi själva inte är jurister (med specialisering på fordon) samt alla värdefulla synpunkter från uppdragsgivare under signatur ”SIA” under resans gång.

Borlänge, maj 2015

Christopher Patten
Projektledare

Kvalitetsgranskning

Granskningsseminarium genomfört 31 mars 2015 där Niklas Strand var lektör. Christopher Patten har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Forskningschef Jan Andersson har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 29 maj 2015. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarens/författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

Quality review

Review seminar was carried out on 31 March 2015 where Niklas Strand reviewed and commented on the report. Christopher Patten has made alterations to the final manuscript of the report. The research director Jan Andersson examined and approved the report for publication on 29 May 2015. The conclusions and recommendations expressed are the author's/authors' and do not necessarily reflect VTI's opinion as an authority.

Innehållsförteckning

Sammanfattning **9**

Summary **11**

Förkortningar **13**

1. Inledning **15**

2. Syfte, upplägg och frågeställningar **17**

3. Metod **18**

3.1. Avgränsning 18
3.2. Tekniska system på olika nivåer av automatisering 18
3.2.1. NHTSA riktlinjer för automatisering 18
3.2.2. Vägtrafik 19
3.2.3. Järnväg 20
3.2.4. Sjöfart 20
3.2.5. Luftfart 21
3.3. Genomförande 22
3.3.1. Delprojekt 1: Inventering av processer och regelkrav 22
3.3.2. Delprojekt 2: Beskrivning av kognitiva förmågor som krävs 22
3.3.3. Delprojekt 3: Avslutande workshop 23
3.4. Datakällor 23
3.4.1. Intervjudeltagare 23
3.4.2. Skriftligt material 23

4. Inventering av processer och regelkrav **24**

4.1. Vägtrafik 24
4.1.1. Hur processer och regelkrav ser ut 24
4.1.2. Detaljreglerade eller funktionsbaserade regelkrav 25
4.1.3. Krav på effekt och tillförlitlighet 25
4.1.4. Automatisering av operatörsuppgiften 26
4.2. Järnväg 26
4.2.1. Hur processer och regelkrav ser ut 26
4.2.2. Detaljreglerade eller funktionsbaserade regelkrav 26
4.2.3. Krav på effekt och tillförlitlighet 27
4.2.4. Automatisering av operatörsuppgiften 27
4.3. Sjöfart 27
4.3.1. Hur processer och regelkrav ser ut 27
4.3.2. Detaljreglerade eller funktionsbaserade regelkrav 27
4.3.3. Krav på effekt och tillförlitlighet 28
4.3.4. Automatisering av operatörsuppgiften 28
4.4. Luftfart 28
4.4.1. Hur processer och regelkrav ser ut 28
4.4.2. Detaljreglerade eller funktionsbaserade regelkrav 30
4.4.3. Krav på effekt och tillförlitlighet 30
4.4.4. Automatisering av operatörsuppgiften 30
4.5. Sammanfattning och eventuella skillnader mellan trafikslagen 30
4.5.1. Hur processer och regelkrav ser ut 30
4.5.2. Detaljreglerade eller funktionsbaserade regelkrav 31
4.5.3. Krav på effekt och tillförlitlighet 31

4.5.4. Automatisering av operatörsuppgiften 31

5. Analys av de kognitiva förmågor som krävs 34

5.1.1. Vägtrafik 37
5.1.2. Järnväg 39
5.1.3. Sjöfart 41
5.1.4. Luftfart 43
5.1.5. Sammanfattning och beskrivning av de största skillnaderna mellan trafikslagen 44

6. Diskussioner och slutsatser 46

6.1. Rekommendationer 47

Referenser 49

Bilaga 1: Intervjuguide 51

Sammanfattning

Tekniska system: Krav vid införande av ny teknik i förarmiljöer inom alla trafikslag.

av Christopher Patten (VTI) och Henriette Wallén Warner (VTI)

Syftet med projektet var att ta fram ett underlag för hur Transportstyrelsen kan angripa problematiken med begränsningar i människans kognitiva förmåga och reglementen kring den snabba tekniska utvecklingen inom transportområdet.

Inventeringen av processer vid införandet av nya tekniska system i förarmiljön visar att utformningen av våra nationella föreskrifter för samtliga fyra trafikslag i hög grad styrs av riktlinjer på europeisk och/eller internationell nivå. Att påverka föreskrifter och andra regelverk sker på europeisk och internationell nivå och det är där Transportstyrelsen kommer att behöva fokusera sitt arbete på att få inflytande i framtiden.

Några rekommendationer är att Transportstyrelsen utnyttjar denna möjlighet att komplettera de detaljreglerade regelkraven med funktionsbaserade regelkrav genom obligatorisk användning av testpiloter för alla trafikslag. Det är dock viktigt att man samtidigt utgår ifrån validerade utvärderings-metoder där bedömningsmått utvecklas. Så kallade pass/fail-kriterium bör övervägas. För att bedömningskriterier (och mått) ska kunna fokusera på operatörens kognitiva förmåga, måste man också kartlägga den kognitiva belastningen för alla trafikslag och i olika ”typiska” typer av resor eftersom det är viktigt att ha ett solitt empiriskt referensläge som man som myndighet kan basera sina bedömningar på.

Summary

Technical systems – Requirements for the introduction of new technology in the driver's environment for all modes of transport

by Christopher Patten (VTI) and Henriette Wallén Warner (VTI)

The purpose of this project was to study vehicle rules, regulations, directives and standards pertaining the development and introduction of technically advanced driver/operator support systems for all mode of transport, commissioned by the Swedish Transport Agency.

The inventory of the process for introducing new technology systems into the operator's environment suggests that the Swedish national regulations for all four modes of transport are to a large degree steered outside of the national arena. The Swedish Transport Agency should therefore consider spearheading their efforts internationally if they are to exert influence on the formation of new rules and regulations.

Some additional recommendations for the Swedish Transport Agency regard the utilisation of function based requirements as a complement to the detailed based rules, including the compulsory use of test pilots for all modes of transport. It is however important to use validated evaluation methods with the development of valid measures. The use of pass/fail criteria should be considered. The evaluation criteria (and measures) should be mapped to the operator's cognitive abilities (to e.g. process information) but must also be based on the operator's cognitive workload for all modes of transport and in a number of typical journey types. It is important that the authorities' decisions are based on solid empirical data.

Förkortningar

ACC	Advanced Cruise Control
AD	Airworthiness Directive Luftvärdighetsdirektiv
AEBS	Advanced Emergency Braking System
AIS	Automatic Identification System (ett system som gör det möjligt att identifiera ett fartyg och följa dess rörelser från andra fartyg)
AMC	Acceptable Means of Compliance
ARC	Airworthiness Review Certificate (Granskningsbevis)
ARPA	Automatic Radar Plotting Aids (Antikollisionssystem för automatisk plotting)
ATC	Automatic Train Control
ATO	Automatic Train Operation
ATP	Automatic Train Protection
ATS	Automatic Train Supervision
CAMO	Continuing Airworthiness Management Organisation
CoC	Certificate of Conformity (intyg från en tillverkare att fordonet omfattas av ett EG-typgodkännande)
CPA	Closest Point of Approach (Minsta avstånd till målet vid bibehållen kurs och fart)
CS	Certification Specifications (Certifieringsspecifikation (CS25 gäller utformning av cockpit))
CT	Målets kurs
DOA	Design Organisation Approval (Flygets konstruktionsorganisation)
EASA	European Aviation Safety Agency (Den Europeiska byrån för luftfartssäkerhet europeisk flygsäkerhet)
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
EIM	European Rail Infrastructure Managers
EMSA	European Maritime Safety Agency
ENC	Electronic Navigation Charts (Elektriskt sjökort kombinerat med GPS)
ER	Essential Requirements (Grundläggande krav)
ERA	European Rail Agency
ERFA	European Rail Freight Association
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ESoP HMI	European Statement of Principles on Human Machine Interface
ETCS	European Train Control System
EU	European Union
FAA	Federal Aviation Administration i USA
FCW	Forward Collision Warning

FMS	Flight Management System
GBS	Goal Based Standards (Riktlinjer för hur regler ska utformas)
GM	Guidance Material (Vägledande material)
Google-bil	En helt autonom bil som kört hundratals mil helt själv i USA.
GPS	Global positioning system
GR	Global Regulation (motorised road vehicles)
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Railways
HMI	Human Machine Interaction (/Interface)
ICAO	International Civil Aviation Organization
IHRA-ITS	International Harmonised Research Activities – Intelligent Transport System
ILS CAT III	Instrumented Landing System Category 3 (Den högsta klassen (CAT III) medger att flygplanet kan landa med noll meters sikt)
IMO	International Maritime Organization (Den internationella sjöfartsorganisationen)
IR	Implementing Rules (Tillämpningsföreskrifter)
ISO	International Organization for Standardization
ITS	Intelligent Transport System
LDWS	Lane Departure Warning System
LKS	Lane Keeping-assistance System
NDB	Navigation Data Base (Innehåller den information som krävs för att konstruera en färdplan så som waypoints, airways, flygplatser, landingsbanor)
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration (USA)
POA	Production Organisations Approvals (Flygets tillverkningsorganisation)
Radar	Radio detection and ranging (Upptäcker och bestämmer fasta och rörliga föremål med hjälp av radiovågor)
UIC	International Union of Railways
SOLAS	Safety of Life at Sea (Internationell konvention inom sjöfarten)
TCAS	Traffic Collision Avoidance System (Ett antikollissionssystem inom luftfarten)
TCPA	Time to Closest Point of Approach (Tid till minsta avstånd till målet vid bibehållen kurs och fart)
TSTF	Transportstyrelsens författningssamling
UN ECE	United Nations Economic Council for Europe
VT	Målets fart
WP	Working Party (t.ex. WP.29 inom UNECE).

1. Inledning

Den tekniska utvecklingen inom transportområdet går mycket fort och idag finns inom alla trafikslag tekniska system som stödjer – och i vissa fall helt tar över – delar av operatörernas traditionella uppgifter. Begreppet ”operatör” används för att beskriva en människa som har kontroll eller ansvar för att övervaka ett eller flera system i ett fordon. Traditionellt kallas dessa personer för förare, lokförare, pilot eller sjökapten men eftersom de i ökande grad inte har direkt kontroll över fordonet (utan snarare övervakar systemen), beskriver begreppet ”operatör” deras roll bättre, samt att begreppet är transportslagsövergripande. Begreppet ”operatör” används *inte* för att beskriva organisationer eller bolag som bedriver transportverksamhet. Den tekniska utvecklingen inom transportområdet går mycket fort och idag finns inom alla trafikslag tekniska system som stödjer – och i vissa fall helt tar över – delar av operatörernas traditionella uppgifter. Problemet är i viss mån att det finns regelverk, lagar och krav som inte är i samklang med den snabba teknikutvecklingen. Utmaningen är att ha ett regelverk som fungerar med teknikutvecklingen samt att det finns en förhoppning om att den fortsatta tekniska utvecklingen hjälpa oss nå de transportpolitiska målen genom ökad säkerhet (Arrias et al., 2014) i takt med att den mänskliga faktorn, som har varit (Treat et al., 1979; Rumar 1985) och fortfarande är en av de största bidragande olycksorsakerna till vägtrafikolyckor (Klauer et al., 2006), kan reduceras.

Människan har en begränsad kognitiv kapacitet och kan inte processa data på samma sätt som moderna datorer kan. De kognitiva begräsningarna ligger huvudsakligen i korttids- eller arbetsminnet (Baddeley 1986, 1994) vilket dock inte hindrat oss från att landa på månen eller konstruera självkörande bilar. Detta beror på att vår styrka ligger i förmågan att lösa problem och vara mentalt flexibla; speciellt i icke-konventionella och dynamiska situationer. Datorer, å andra sidan, är inte alls lika bra problemlösare men de briljerar på monotona och långvariga uppgifter där det mesta sker planenligt. Människas förmåga att hantera olika situationer försämras dock vid mental överbelastning då multipla uppgifter måste utföras samtidigt. Även mental underbelastning (alltför låg arbetsbelastning) försämrar människans förmåga. Enligt Young och Stanton (2002) beror den minskade förmågan att hantera olika situationer på att vår uppmärksamhetskapacitet påverkas av arbetsbelastningen där både över- och underbelastning leder till försämrad uppmärksamhetskapacitet.

Med ökande grad av automatisering inom transportområdet minskar operatörernas mentala belastning vilket till en början alltså har en positiv effekt på deras förmåga att framföra fordonet på ett korrekt och säkert sätt. När arbetsbelastningen minskar ytterligare blir operatörerna dock till slut mentalt underbelastade vilket även det har en negativ effekt på deras förmåga att framföra fordonet. Operatörens kapacitet att övervaka olika tekniska system för att sedan kunna återta kontrollen om systemet av någon anledning inte längre klarar av att hantera uppgiften är alltså starkt begränsad.

Ett annat problem med hög grad av automatisering är hur operatörerna utan regelbunden träning ska kunna bibehålla körtekniska/handhavande färdigheter. Inom luftfart har man bland annat löst detta problem genom att piloterna dels regelbundet kopplar bort autopiloten och flyger planen manuellt, dels genomgår regelbunden träning i flygsimulator. Detta skulle antagligen kunna appliceras även inom järnväg och sjöfart medan det inom vägtrafik, med väldigt många mindre aktörer, troligen skulle vara svårare att verkställa.

För att inte i onödan bromsa införandet av nya tekniska system men inte heller förbise människans kognitiva begränsningar är det viktigt att Transportstyrelsen har ett underlag över vilka kognitiva förmågor som krävs vid användningen av olika tekniska system. Det föreligger viss osäkerhet om och i så hur nuvarande reglementen tar hänsyn till dessa begränsningar. Den tekniska utvecklingen ökar snabbt inom exempelvis vägtrafiken (med autonoma körsystem) medan avancerade tekniska system inom luftfarten har varit aktuella under lång tid. Rapporten behandlar alla transportslag men det är endast inom vägtrafiken som man har ett mycket stort antal lågt utbildade operatörer (dvs. förare) där de flesta är icke professionella, dvs. vanliga privata bilister.

Regelkraven från transportmyndigheterna kan grovt delas in i detaljreglerade eller funktionsbaserade. Ett exempel på ett detaljreglerat krav är EURO 5 emissionsvärden (avgasutsläpp för bilar) där regelkravet för diesel är maximalt 500 mg/km kolmonoxid, 5 mg/km partiklar, och 180 mg/km kväveoxid. Ett exempel på ett funktionsbaserat krav är ECE/TRANS/WP.29/2011/92 för Advanced Emergency Braking Systems (AEBS,) där kraven bl. a. består av formuleringar som påtalar vad systemet ska göra, t.ex. "*The system shall automatically detect a potential forward collision, provide the driver with a warning and activate the vehicle braking system to decelerate the vehicle with the purpose of avoiding or mitigating the severity of a collision in the event that the driver does not respond to the warning.*"

2. Syfte, upplägg och frågeställningar

Syftet med projektet är att ta fram ett underlag för hur Transportstyrelsen kan angripa problematiken kring den snabba tekniska utvecklingen inom transportområdet. Underlaget kommer att kunna användas som input till diskussioner och eventuella beslut om t.ex. lämpligheten att regelverk gällande tekniska system detaljregleras eller är funktionsbaserade samt hur regelverken bör utformas för att i möjligaste mån säkerställa att införda tekniska system är anpassade efter operatörernas kognitiva förmåga. Projektet delas in i tre olika delprojekt.

Delprojekt 1: Inventering av processer och regelkrav

Syftet med delprojekt 1 är att göra en inventering av processer och regelkrav i samband med införandet av nya tekniska system i operatörsmiljön (som huvudsakligen påverkar hela eller delar av människans roll som operatör) i den civila yrkestrafiken inom vägtrafik, järnväg, sjöfart och luftfart. Denna inventering är huvudsakligen baserad på och avgränsad till intervjuerna med experter på Transportstyrelsen.

Delprojekt 1 besvarar följande frågeställningar:

i. hur processer och regelkrav ser ut vid införandet av nya tekniska system inom de fyra trafikslagen

ii. i vilken omfattning regelkraven gällande nya tekniska system är detaljreglerade respektive funktionsbaserade samt vilka för-/nackdelar det finns med de olika sätten att skriva regler

iii. vilka krav som finns för att säkerställa att nya tekniska system har god effekt och är tillförlitliga innan de införs

iv. hur långt automatiseringen av operatörsuppgiften har kommit inom de fyra trafikslagen

v. vad eventuella skillnader mellan trafikslagen beror på och om de är rimliga.

Delprojekt 2: Analys av de kognitiva förmågor som krävs

Syftet med delprojekt 2 är att beskriva de kognitiva förmågor som krävs vid användning av olika tekniska system.

Delprojekt 2 besvarar följande frågeställningar:

i. vilka kognitiva förmågor som krävs vid användning av olika tekniska system samt på olika nivå av automatisering

ii. vilka som är de största skillnaderna mellan trafikslagen.

Delprojekt 3: Avslutande workshop

Syftet med delprojekt 3 är att vid en avslutande workshop jämföra och diskutera resultaten från delprojekt 1 och 2 för att kunna komplettera underlaget för hur problematiken kring den snabba tekniska utvecklingen inom transportområdet kan angripas. Detta underlag kommer sedan att kunna användas av Transportstyrelsen som input till diskussioner och eventuella beslut om t.ex. lämpligheten att regelverk gällande tekniska system detaljregleras eller är funktionsbaserade samt hur regelverken bör utformas för att i möjligaste mån säkerställa att införda tekniska system är anpassade efter operatörernas kognitiva förmåga.

3. Metod

3.1. Avgränsning

Projektet fokuserar på tekniska system i operatörsmiljön i den civila yrkestrafiken inom vägtrafik, järnväg, sjöfart och luftfart. Utgångspunkten har varit ett myndighetsperspektiv i enlighet med projektspecifikationen. Tekniska system i infrastrukturen ingår inte. Rapporten ska inte betraktas som ett juridiskt dokument utan snarare som en översikt av regelverken som berör tekniska system, människan och säkerhet.

3.2. Tekniska system på olika nivåer av automatisering

För att kunna konstruera en intervjuguide samt analysera de kognitiva förmågor som krävs vid användning av tekniska system definierades först olika nivåer av automatisering baserade på National Highway Traffic Safety Administration's (NHTSA) riktlinjer (NHTSA, 2012). Dessa riktlinjer är egentligen framtagna för vägtrafik men med några smärre justeringar fungerade de även för övriga trafikslag.

Under intervjuerna gav experterna för de olika trafikslagen exempel på system på respektive nivå av automatisering. Från början var det tänkt att analysen av de kognitiva förmågor som krävs vid användning av tekniska system antingen skulle utgå från system som var jämförbara för samtliga trafikslag eller från system som var jämförbara utifrån mer generella kriterier så som exempelvis nivå av automatisering. Under intervjuernas gång framkom dock att experternas kunskap var starkt knutna till de system som används i dagsläget och att dessa system inte var jämförbara för samtliga trafikslag vare sig vad gäller funktionalitet eller grad av automatisering.

Författarna har därför valt att beskriva de kognitiva förmågor som krävs vid användning av en kombination av system som i dagsläget används under en vanlig resa. Fördelen med detta tillvägagångssätt är även att analyserna på så sätt omfattar kraven på operatörens kognitiva förmåga i sin helhet och inte bara kopplat till ett av många system som normalt sett används parallellt.

3.2.1. NHTSA riktlinjer för automatisering

Nedan redovisas en något förenklad version av de olika nivåerna av automatisering enligt NTHSA - efter att de justerats för att passa samtliga trafikslag.

Nivå 0 – Ingen automatisering

Operatören har full kontroll över de primära fordonsreglagen (broms, styrning, gas/drivkraft) och är själv ansvarig för att fordonet framförs på ett säkert sätt. Fordon som har ett visst mått av stöd eller bekvämlighetssystem men som inte har möjlighet att kontrollera styrning, broms eller gas skulle ändå klassas som "nivå 0-fordon".

Nivå 1 – Funktionsspecifik automatisering

Automatisering på den här nivån omfattar en eller flera specifika kontrollfunktioner. Om flera funktioner är automatiserade arbetar de oberoende av varandra. Operatören har övergripande kontroll och är själv ansvarig för att fordonet framförs säkert. Viss kontroll över primära reglage kan överlämnas men det finns inga kombinerade, integrerade system som samarbetar så att operatören kan låta bli att fysiskt engagera sig i framförandet av fordonet.

Nivå 2 – Funktionskombinerad automatisering

Denna nivå omfattar en automatisering av minst två primära funktioner som ska arbeta tillsammans i syfte att avlasta operatören. Operatören är fortfarande ansvarig för att fordonet framförs på ett säkert

sätt och förväntas hela tiden vara uppmärksam för att kunna reagera med kort varsel. Skillnaden i förhållande till nivå 1 är att här aktiveras ett automatiserat driftläge vid de specifika driftsförhållanden som systemet har utvecklats för. Operatören kan då avlastas från att fysiskt framföra fordonet.

Nivå 3 – Begränsad autonom körning

Fordon på denna automatiseringsnivå gör det möjligt för operatören att överlämna all kontroll över alla säkerhetskritiska funktioner under vissa trafik- eller miljömässiga förhållanden. Operatören ska dock vara tillgänglig för kontroll av systemen och det ska finnas en bekväm övergångstid inom vilken operatören kan återta kontrollen. Den stora skillnaden mellan nivå 2 och nivå 3 är att operatören i ett fordon i nivå 3 inte förväntas att ständigt övervaka den omgivande miljön.

Nivå 4 – Fullständigt autonom körning

Fordonet är konstruerat för att utföra alla säkerhetskritiska operatörsuppgifter samt övervaka den omgivande miljön under hela resan. Operatören förväntas inte vara tillgänglig för att kontrollera fordonet någon gång under resan. En sådan konstruktion förutsätter att operatören anger destination eller vägbeskrivning. Detta inkluderar även fordon utan passagerare eller förare.

3.2.2. Vägtrafik

Nivå 0 – Ingen automatisering	GPS navigationssystem
Nivå 1 – Funktionsspecifik automatisering	FCW (longitudinellt varningssystem)
Nivå 2 – Funktionskombinerad automatisering	LKS (lateralt kontrollsystem)
Nivå 3 – Begränsad autonom körning	-
Nivå 4 – Fullständigt autonom körning	Google-bilen i USA (internationellt)

GPS (Global Positioning System) navigationssystem

GPS navigationssystem är ett världsomfattande navigationssystem där fordonets koordinater registreras och matchas på en karta. Föraren guidas sedan till vald plats med hjälp av en röst och/eller bild.

FCW (Forward Collision Warning)

FCW är ett longitudinellt varningssystem som hjälper föraren att undvika kollisioner. Om fordonet kommer för nära ett annat fordon eller föremål framför varnas föraren.

LKS (Lane Keeping Support)

LKS är ett lateralt kontrollsystem som hjälper föraren att övervaka fordonets position i körfältet. Om fordonet kommer för nära vägrenen eller mittlinjen – utan att körriktningsvisaren är påslagen åt det hållet – varnas föraren och systemet hjälper fordonet att hålla kursen nära mitten av körfältet genom att kontinuerligt applicera en liten mängd motstyrkraft. Syftet är att minimera olyckor orsakade av att föraren är exempelvis distraherad eller trött.

Google-bilen

Google-bilen är exempel på ett helt automatiserat förarlöst system som sköter föraruppgiften.

3.2.3. Järnväg

Nivå 0 – Ingen automatisering	-
Nivå 1 – Funktionsspecifik automatisering	-
Nivå 2 – Funktionskombinerad automatisering	-
Nivå 3 – Begränsad autonom körning	ATC eller ERTMS
Nivå 4 – Fullständigt autonom körning	Yurikamome Monorail i Japan (internationellt)

ATC (Automatic Train Control)

ATC är ett samlingsnamn för olika säkerhetssystem (ATP – Automatic Train Protection; ATO – Automatic Train Operation; ATS – Automatic Train Supervision) för järnväg som kraftigt minskar risken för olyckor som orsakas av handhavandefel från lokföraren. I enklare form övervakar ATC endast att den tillåtna hastigheten inte överskrids eller att en stoppsignal inte passeras. Mer avancerade varianter kan även hantera information om plattformars placering, banlutning, att en signal längre fram visar stopp och så vidare och kan därför även användas för automatisk tågkörning. Eftersom EU vill främja införandet av den gemensamma tågskyddsystemet European Rail Traffic Management System (ERTMS) är det sedan mer än ett decennium tillbaka förbjudet att utveckla ATC och alla andra liknande system i Europa.

ERTMS (European Rail Traffic Management System)

ERTMS består av ETCS (European Train Control System) och GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway). ETCS är en europeisk standard för ATP medan GSM-R är en mobiltelefonistandard för järnvägen. Syftet med ERTMS är att säkerställa att hastighetsrestriktioner efterlevs samt omöjliggöra passage av signaler med stoppbesked. I de fall lokföraren inte respekterar gällande hastighetsbegränsningar eller i tid reducerar farten till kommande hastighetsbegränsningar griper omborddatorn in med broms. På omborddatorn presenteras även all nödvändig information. Beroende på banans utrustning delas ETCS in i fem olika operationella nivåer.

Yurikamome Monorail

Yurikamome Monorail är exempel på ett helt automatiserat förarlöst system.

3.2.4. Sjöfart

Nivå 0 – Ingen automatisering	Radar
Nivå 1 – Funktionsspecifik automatisering	Radar och AIS (antikollisionssystem)
Nivå 2 – Funktionskombinerad automatisering	Maskin management system (ingriper om maskinen riskerar att bli överbelastad)
Nivå 3 – Begränsad autonom körning	Autopilot – anti-grounding
Nivå 4 – Fullständigt autonom körning	-

ECDIS (Electronic Chart Display and Information System)

ECDIS är en standard för elektroniska sjökort som efter certifiering och godkännande får ersätta användandet av sjökort på papper. ECDIS består vanligen av en dator som matas med position, fart och kurs osv. och presenterar denna information grafiskt på ett elektroniskt sjökort. Vissa system stödjer även information från exempelvis radar och kan då presentera dessa mål grafiskt på kartan eller projicera hela radarbilden samtidigt som kartan, s.k. radar-overlay. Ett certifierat ECDIS system måste uppfylla ett antal kriterier såsom programvara, hårdvara, installation, backup samt att man använder ENC-sjökort från en officiell ENC-leverantör.

Radar (Radio detection and ranging) och AIS (Automatic Identification System)

Radar upptäcker och bestämmer både fasta och rörliga föremål med hjälp av radiovågor medan AIS identifierar fartyg försedda med transpondrar. I dagens sjöfart används dessutom ett system som kallas ARPA (Automatic Radar Plotting Aids). Detta antikollisionssystem har skapats för att manuell plotting innehåller för många felkällor och är för tidskrävande för att vara effektivt i stressade situationer. Tanken med ARPA är att navigatören ska kunna följa flera mål samtidigt utan att vara tvungen att utföra de beräkningar som krävdes innan. Navigatören får ändå all information som en manuell plotting tidigare gav såsom avstånd till målet, bäring till målet, CPA (minsta avstånd till målet vid bibehållen kurs och fart), TCPA (tid till minsta avstånd till målet vid bibehållen kurs och fart), CT (målets kurs), VT (målets fart). Radar/AIS kan ställas in så att den varnar vid exempelvis CPA=1 sjömil eller TCPA=10 min.

Maskin management system

Maskin management system sänker hastigheten om maskinen riskerar att överhettas.

Autopilot – ECDIS + GPS (anti-grounding)

Autopilot är i grunden ett reglersystem som kombinerat med ECDIS och GPS kan få fartyget att hålla hastighet och ändra kurs enligt en förutbestämd rutt som programmerats av styrman/befälhavare. Kombinationen Autopilot och ECDIS + GPS kan dock inte på egen hand undvika kollision med rörliga föremål varför styrman/befälhavare måste ingripa om fartyget kommer i kollisionskurs med något annat fartyg.

3.2.5. Luftfart

Nivå 0 – Ingen automatisering	NDB (databas med information till färdplanen)
Nivå 1 – Funktionsspecifik automatisering	TCAS (antikollisionssystem)
Nivå 2 – Funktionskombinerad automatisering	Anti-stall system
Nivå 3 – Begränsad autonom körning	Autopilot
Nivå 4 – Fullständigt autonom körning	-

NDB (Navigation Data Base)

NDB innehåller den information som krävs för att konstruera en färdplan så som waypoints, airways, flygplatser, landingsbanor, etc.

TCAS (Traffic Collision Avoidance System)

TCAS är ett antikollisionssystem som upptäcker flygplan i närheten (förutsatt att de är utrustade med transpondrar), varnar piloten samt anger vilken typ av undanmanöver piloten ska genomföra. Om två flygplan håller på att kollidera uppmanar TCAS i det ena flygplanet alltså piloten att stiga medan TCAS i det andra flygplanet uppmanar piloten ska sjunka (systemet är konstruerat så att båda piloterna aldrig får samma uppmaning).

Anti-stall systems

På exempelvis Airbus 340 och 380 finns anti-stall system som aktivt ingriper i de fall flygplanet är på väg att stalla (dvs. förlora lyftkraft till följd av överstegring).

Autopilot + FMS (Flight Management System)

Autopilot är i grunden ett reglersystem som kombinerat med FMS kan få flygplanet att följa sin färdplan. Grundprogrammeringen av FMS görs på marken innan flygplanet startar men systemet är dynamiskt och kan programmeras om under resans gång. Funktionen hos autopiloten kan vara olika avancerad där piloten själv sköter hela starten och landningen med de enklaste systemen till att bara sköta den allra första/sista biten med de mer avancerade systemen. Autopiloten kan dock inte på egen hand undvika kollision med rörliga föremål varför piloten måste ingripa (följa TCAS varning och instruktion) om flygplanet kommer på kollisionskurs med något annat flygplan.

3.3. Genomförande

Fem interna expertintervjuer genomfördes i Transportstyrelsens lokaler i Borlänge (vägtrafik och järnväg) och Norrköping (sjöfart och luftfart) och en extern expertintervju genomfördes via telefon. Samtliga intervjuer utgick från en intervjuguide (se bilaga 1) och tog 1–2 timmar att genomföra. Intervjuguiden innehöll frågor om vilka tekniska system som förekommer, hur processer och regelkrav ser ut, om regelkraven är detaljreglerade eller funktionsbaserade, vilka krav som finns på effekt och tillförlitlighet samt graden av automatisering. Intervjuguiden avslutades sedan med en helt öppen fråga kring hur Transportstyrelsen bör angripa problematiken med den snabba tekniska utvecklingen inom transportområdet samt om de intervjuade experterna hade några ytterligare kommentarer.

Intervjuerna kompletterades med skriftligt material som rekommenderats av de intervjuade experterna eller hittats på hemsidor på internet. Hemsidorna tillhör framför allt myndigheter och internationella organisationer. För exempel på hemsidor se *3.4.2. Skriftligt material.*

3.3.1. Delprojekt 1: Inventering av processer och regelkrav

Resultaten av intervjuerna kompletterade med skriftligt material sammanställdes för respektive trafikslag under rubriken *4. Inventering av processer och regelkrav.*

3.3.2. Delprojekt 2: Beskrivning av kognitiva förmågor som krävs

Baserat på den information som framkom i intervjuerna valde författarna alltså ut en kombination av system som i dagsläget används under en vanlig resa (för ytterligare beskrivning av urvalsprocessen se *3.2. Tekniska system på olika nivåer av automatisering*). De kognitiva förmågor som krävs vid användningen av dessa kombinationer av system analyserades sedan utifrån ett holistiskt angreppssätt som beaktar kraven på operatören i sin helhet och inte bara kopplat till ett av många system som normalt sett används parallellt under en resa mellan två punkter. Grundprincipen för analyserna är att jämföra alla inblandade system med de kognitiva förmågor som hade krävts om operatören framfört fordonet helt manuellt. Den valda metoden förutsätter en resa helt utan konflikter, incidenter eller olyckor med andra trafikanter/ting vilket kan ses som en begränsning med avseende på vägtrafiken där

konflikter och även incidenter är mycket vanligt förekommande. Inom övriga transportslag är konflikter och incidenter dock betydligt ovanligare under en vanlig resa.

3.3.3. Delprojekt 3: Avslutande workshop

Totalt 13 personer med expertkompetens inom ett eller flera av de fyra trafikslagen bjöds in till en avslutande workshop. Av dessa valde enbart fyra personer att delta. Dessa fyra hade expertkompetens inom vägtrafik och järnväg samt övergripande kompetens inom samtliga fyra trafikslag medan inga hade expertkompetens inom sjöfart eller luftfart.

Workshopen genomfördes i VTI:s lokaler i Linköping med två deltagare på videolänk från VTI:s lokaler i Borlänge. Workshopen inleddes med att de två författarna presenterade resultaten från delstudie 1 och 2 varefter samtliga deltagare diskuterade resultaten och föreslog kompletteringar och förbättringar. Totalt tog workshopen cirka 3,5 timmar att genomföra.

På grund av det låga deltagandet där varken sjöfart eller luftfart fanns representerade var det svårt att jämföra de olika trafikslagen med varandra och den övergripande diskussionen blev också starkt begränsad. Föreslagna kompletteringar och förbättringar har därför tagits i beaktande i den avslutande rapporten medan inga separata resultat från workshopen presenteras.

3.4. Datakällor

Till samtliga tre delprojekt användes information från intervjuer med experter inom de fyra trafikslagen kompletterande med skriftligt material.

3.4.1. Intervjudeltagare

Fem av Transportstyrelsen utsedda interna experter inom de olika transportslagen intervjuades. Dessa experter var Anna Ferner (vägtrafik), Maria Fahlén (järnväg), Albert Wiström (sjöfart), Magnus Molitor (luftfart) och Nicklas Svensson (luftfart). Inom sjöfart genomfördes dessutom en kompletterande intervju med den externa experten Johan Hartler (sjöfart och marin teknik) från Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg.

3.4.2. Skriftligt material

Exempel på myndighets och organisations hemsidor som besöktes är:

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)	www.unece.org/
National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)	www.nhtsa.gov/
European Rail Agency (ERA)	www.era.europa.eu/Pages/Home.aspx
International Union of Railways (UIC)	uic.org/
European Rail Freight Association (ERFA)	www.erfarail.eu/
European Rail Infrastructure Managers (EIM)	www.eimrail.org/
International Maritime Organization (IMO)	www.imo.org/pages/home.aspx
European Maritime Safety Agency (EMSA)	www.emsa.europa.eu/
International Civil Aviation Organization (ICAO)	www.icao.int/Pages/default.aspx
European Aviation Safety Agency (EASA)	easa.europa.eu/
Transportstyrelsen	www.transportstyrelsen.se/

4. Inventering av processer och regelkrav

4.1. Vägtrafik

4.1.1. Hur processer och regelkrav ser ut

Från och med den 1 januari 1998 ska alla nya (väg-) fordon som registreras första gången vara typgodkända enligt grunddirektivet 70/156/EEG, senast ändrat genom direktiv 2001/116/EG. Från och med 29 april 2009 typgodkänns personbilar, lastbilar och bussar samt släp till dessa enligt direktiv 2007/46/EG och ska uppfylla kraven i senast gällande ändringsdirektiv. De EG-typgodkända fordonen är normalt av 1995 års modell eller senare. Ett EG-typgodkänt fordon är försett med en tillverkarskylt som innehåller fordonets godkännandenummer, till exempel e1*98/14*0004*01. Vidare intygar tillverkaren genom ett CoC (Certificate of Conformity) att fordonet omfattas av ett EG-typgodkännande. Transportstyrelsen medger ett typgodkännande och kontrollerar att det hos tillverkaren finns tillfredsställande rutiner och metoder, en så kallad inledande kontroll. Dessa rutiner ska säkerställa en effektiv kontroll av att serietillverkade fordon stämmer överens med den godkända typen. I samband med ansökan ska tillverkaren presentera fordonet genom ett informationsdokument som är utformat enligt kraven i direktivet eller föreskriften.

Inom FNs ekonomiska kommission för Europa (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) finns *World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations* (Working Party 29, WP.29). WP.29 arbetar sedan mer än 50 år tillbaka med global harmonisering av tekniska krav på motorfordon vilka ligger till grund för exempelvis nationell lagstiftning. Syftet är att följa den tekniska utvecklingen och utforma kraven på motorfordon så att de blir säkrare och miljömässigt bättre.

Inom WP.29 finns en informell grupp som arbetar med intelligenta transportsystem (UNECE WP.29 ITS Informal Group). Arbetet som görs är en kvalificerad ansats att tackla förarbeteende och teknikproblematiken med semi autonoma system. Som framgår av namnet är gruppen dock informell vilket innebär att den saknar juridisk status.

Att få tillgång till ett standardiseringsdokument försvåras av kostnaderna eftersom det kostar 118 CHF (ca 1 060 SEK) på ISO för att läsa varje dokument. Det finns hundratals dokument som skulle kunna vara relevanta att läsa som ett underlag till denna rapport.

Exempel på regler, förordningar och rekommendationer för tekniska system inom vägtrafik är:

Regulation No. 121
Vehicles with regard to the location and identification of hand controls, tell-tales and indicators

- FMVSS No. 101
  Controls and displays.

- ECE/TRANS/WP.29/2011/92
  Advanced Emergency Braking Systems (AEBS)

- ECE/TRANS/WP.29/2011/92/Amend.1
  Advanced Emergency Braking Systems (AEBS)

- ECE/TRANS/WP.29/2011/93
  Advanced Emergency Braking Systems (AEBS)

- ECE/TRANS/WP.29/2011/93/Amend.1
  Advanced Emergency Braking Systems (AEBS)

- ECE/TRANS/WP.29/2011/78
  Lane Departure Warning System (LDWS)

- European Statement of Principles on Human Machine Interface for in-vehicle information and communication systems, 1998 (ESoP on HMI)

- ISO 26262 (Road vehicles functional safety) som fokuserar på potentiellt farliga situationer som kan uppstå vid ett systemfel från ett förarstödssystem.

Värt att notera i sammanhanget är att enbart tekniska system installerade i fordon omfattas av reglementen, testning och typgodkännande medan system som säljs separat – exempelvis GPS-navigatorer – hamnar i en gråzon. Gråzon består av att ett teknikföretag (som kanske är baserat utanför EU) inte känner ansvar för att deras produkter är säkra för användning i vägtrafiken och följer ESoP på HMI. De saknar också ett eget intresse av att ha trafiksäkra produkter på samma sätt som exempelvis en europeiska fordonstillverkare har. En fordonstillverkare som exempelvis Volvo har ett varumärke förknippat med säkerhet och därmed har de ett eget intresse att leverera ”bra” system.

På europeisk nivå pågår arbete med vägtrafiksäkerhet inom EU och nya tekniska system måste godkännas enligt en ramförordning innan de får säljas på den europeiska marknaden. I motsats till järnväg, sjöfart och luftfart har EU-kommissionen dock inget specifikt organ som arbetar inom vägtrafik. På nationell nivå finns slutligen de nationella regelverken samlade i Transportstyrelsens författningssamling (TSFS).

Vad gäller tillsynen har industrin det huvudsakliga ansvaret för att testa olika tekniska system medan myndigheterna i respektive medlemsstat (i Sverige Transportstyrelsen och Statens Provningsanstalt) kontrollerar de traditionella parametrarna (exempelvis strålkastarnas utformning) som exempelvis ingår i en helbilstypgodkännande. Tillverkaren intygar i regel, genom ett CoC (Certificate of Conformity) att fordonet omfattas av ett EG-typgodkännande och uppfyller kraven.

4.1.2. Detaljreglerade eller funktionsbaserade regelkrav

I den mån det över huvud taget finns några regelkrav är dessa oftast detaljreglerade med tekniska specifikationer för exempelvis avgasutsläpp. Den amerikanska NHTSA har dock skapat riktlinjer för att testa fordonsbaserade system ur ett visuell-manuellt distraktionsperspektiv (NHTSA, 2012). Dessa riktlinjer innehåller även metoder för utvärdering samt tröskelvärden för att kunna godkänna/under-känna ett system. Frågan är om de i så fall är detalj- eller funktionsbaserade krav eller en kombination av både två. Sverige och EU omfattas inte av NHTSAs riktlinjer i formell mening men eftersom USA är en stor marknad för bilindustrin är riktlinjerna ändå mycket intressanta för industrin i många europeiska länder inklusive Sverige. Dessa riktlinjer bör även vara intressanta för europeiska myndigheter eftersom de förordar specifika mätmetoder och gränsvärden vilket är tämligen unikt inom vägtrafik. Vägtrafiken är mycket komplext samt oftast har korta tidsmarginaler (mellan normal körning utan incident och en potentiell krock) vilket förordar funktionsbaserade krav på systemet per se. Detta nekar dock inte möjligheten att testa dessa system tillsammans med en människa (operatören) där testningsförfarande fokusera på hur systemet påverkar människans beteende (t.ex. NHTSA riktlinjer).

4.1.3. Krav på effekt och tillförlitlighet

Inom vägtrafik finns endast ett fåtal krav och de handlar oftast om konsumentskydd. Föraransvar (exempelvis 2 Kap. 1 § i vägtrafikförordningen) ”utnyttjas” (författarnas tolkning) i till exempel fall där en tillverkare påtalar i användningsmanualen att systemet inte ska användas under färd utan att ta bort möjligheten i praktiken (jmf. inmatning av en ny destination i en GPS under färd). Det finns alltså inte tillräckliga krav för att säkerställa att nya tekniska system har god effekt och är tillförlitliga innan

de införs. Effekten måste vara den effekt system har på mänsklig beteende. Det som säkerställs kommer eventuellt från industrin själv där olika tillverkare testar systemen på olika sätt.

4.1.4. Automatisering av operatörsuppgiften

Fullständigt automatiserade förarlösa fordon finns redan i form av exempelvis Googles-bilen i USA (Ensor, 2015). Även Sverige ligger i detta sammanhang långt framme med Volvo Car Group som tillsammans med Trafikverket, Transportstyrelsen, Lindholmen Science Park och Göteborg stad planerar världens första storskaliga försök med automatiserade fordon. Projektet kallas *Drive Me – Self-driving cars for sustainable mobility* (Trafikverket, 2015) och de första nästan helt automatiserade fordonen kommer att börja rulla i Göteborgsområdet under 2017. Totalt kommer förarna av 100 bilar kunna lämna över köruppgiften till sina bilar på 50 km väg. Det kommer dessutom att vara möjligt för förarna att lämna bilen vid infarten till en parkering och sedan låta bilen hitta en parkeringsficka och parkera på egen hand. Enligt Transportstyrelsens förstudie om autonom körning och lagstiftning (Arrias et al. 2014) finns det egentligen inget som hindrar införandet av fullständigt automatiserade fordon på svenska vägar så länge föraren ansvarar för dess framförande i enhetlighet med Wienkonventionen (1968) – vid avsaknad av förare (helt förarlösa fordon) uppstår dock problem med ansvarsfrågan. I dagsläget finns inget prejudicerande rättsfall och i brist på vägledning från EU kommer olika länder hantera ansvarsfrågan på olika sätt. Att Google-bilen kan köra omkring helt förarlös i Nevada beror på att USA helt enkelt inte skrivit under Wienkonventionen.

4.2. Järnväg

4.2.1. Hur processer och regelkrav ser ut

Den Europeiska järnvägsbyrån (European Rail Agency, ERA) är EU-kommissionens organ med ansvar för säkerheten inom järnvägen. ERA utformar bindande regelverk – Technical Specifications for Interoperability – för den europeiska järnvägssektorn inklusive tillverkarna. ERA ansvarar även för att koordinera arbetet med att harmonisera regelverken inom Europa där ERA ställer gemensamma säkerhetsmål, gemensamma säkerhetsmetoder och gemensamma säkerhetsindikatorer efter direktiv 2004/49/EG med ändringar. I de fall åtgärder kräver lagstiftning ska ERA föreslå dessa för kommissionen. Arbetet inom ERA är uppdelat i olika arbetsgrupper där tillsynsmyndigheten från respektive medlemsstat finns representerad tillsammans med olika intresseorganisationer så som Internationella Järnvägsunionen (International Union of Railways, UIC), Europeiska Järnvägs-fraktföreningen (European Rail Freight Association, ERFA), Järnvägsinfrastrukturförvaltarna i Europa (European Rail Infrastructure Managers, EIM) m.fl. Sveriges representant i ERA är Transportstyrelsen. Transportstyrelsen är även den myndighet som på nationell nivå ansvarar för tillsynen av den svenska järnvägen och de nationella regelverken finns samlade i Transportstyrelsens författningssamling (TSFS).

4.2.2. Detaljreglerade eller funktionsbaserade regelkrav

Inom järnvägen finns omfattande regelkrav på europeisk nivå. Regelkraven är till stor del detaljreglerade med tekniska specifikationer för driftskompatibilitet mellan olika länder. Det fysiska gränssnittet (exempelvis placering av knappar) men inte det interaktiva gränssnitten (Human-Machine-Interaction; HMI) som ligger närmast operatören (lokföraren eller tågklareraren) är i huvudsak reglerat. Att det interaktiva gränssnittet vanligtvis inte är reglerat kan skapa problem vid körning av nya tågtyper eller vid körning i andra länder. I takt med att det Europeiska gemensamma tågskyddssystemet ERTMS i allt större utsträckning införs kommer en del av dessa problem antagligen att överbyggas. Funktionsbaserade regelkrav kan förekomma, och tycks dessutom bli allt vanligare, i exempelvis kravspecifikationer från Trafikverket för ett nytt system.

4.2.3. Krav på effekt och tillförlitlighet

Inom järnväg finns i dagsläget inga specificerade krav på det interaktiva gränssnittet. Även om sekundära säkerhetssystem som ATC/ERTMS i de flesta fall förhindrar olyckor förekommer trots allt incidenter och olyckor vilket tyder på att säkerhetsnätet har svagheter. Det finns alltså inte tillräckliga krav för att säkerställa att nya tekniska system har god effekt och är tillförlitlig innan de införs.

4.2.4. Automatisering av operatörsuppgiften

Inom järnväg är tågens rörelsefrihet starkt begränsad (måste följa spåren) samtidigt som användandet av ATC/ERTMS innebär en fullständig kontroll över var de olika tågen befinner sig i förhållande till varandra vilket utgör bra förutsättningar för automatisering inom järnvägen. I exempelvis Japan finns också redan helt förarlösa tåg (exempelvis Yurikamome Monorail i Tokyo) medan de flesta tåg i Sverige har begränsad automatisering (NHTSAs nivå 3) i formen av skyddsnätssystem som exempelvis kan slå på bromsarna.

4.3. Sjöfart

4.3.1. Hur processer och regelkrav ser ut

Den internationella sjöfartsorganisationen (International Maritime Organization; IMO) är ett specialorgan inom FN med ansvarar för säkerhet och miljöhänsyn till sjöss. IMO:s huvuduppgift är att skapa internationella konventioner för sjöfartsindustrin. Ett exempel på en sådan konvention är Safety of Life at Sea (SOLAS; 1960 med en ny version 1974) inklusive tillägg och ändringar.

IMO övervakas på europeisk nivå av den Europeiska sjösäkerhetsbyrån (European Maritime Safety Agency, EMSA) vilket är EU-kommissionens organ för sjöfartssäkerhet.

För att konventionen ska gälla krävs att den ratificeras av de cirka 170 medlemsstaternas regeringar. Respektive flaggstat (dvs. det land i vilket fartyget är registrerat) har sedan ansvar för att alla fartyg under dess flagg har vissa certifikat samt besiktigas enligt bestämda tidsplaner. Flaggstaten kan dock delegera vissa moment till klassnings-/klassificeringssällskapen (dvs. organisationer som handhar klassifikation – att ta fram och implementera regler – av fartyg). I Sverige ansvarar Transportstyrelsen för fartygsregistret samt kontrollen av fartygen. Transportstyrelsen har dock genom avtal med fem internationellt godkända klassningssällskap delegerat viss del av kontrollen. Medan Transportstyrelsen (i vissa fall klassningssällskapen) ansvarar för kontrollen är det de enskilda redarna som ansvarar för att konventionerna följs. Transportstyrelsen har även viss kontrollmöjlighet av utländska skepp på besök i flaggstatens hamnar. De nationella regelverken finns samlade i Transportstyrelsens författningssamling (TSFS).

Alla fartygs som byggs måste godkännas av flaggstaten – detta gäller även om man bygger flera likadana fartyg inom en serie. I realiteten kan ett fartyg dock börja segla innan det godkänns. Om ett fartyg bryter mot någon konvention gäller dock inte försäkringen och flaggstaten har rätt att hålla kvar fartyget i hamn. Fartyg har dock en livslängd på upp till 30 år och i redan existerande fartyg är det tillåtet att införa nya tekniska system så länge de är typgodkända. Detta har dock lett till integrations-problem mellan olika system.

4.3.2. Detaljreglerade eller funktionsbaserade regelkrav

Inom sjöfarten (alla aspekter) finns mycket omfattande regelkrav både på internationell, europeisk och nationell nivå. Dessa regelkrav är i stor utsträckning detaljreglerande och normativa baserade på empiri. Även om målet med regelkraven är att ligga i den absoluta framkanten innebär det normativa/empiridrivna arbetssättet i praktiken att man alltid bygger på gårdagens ”state of the art” där framför allt olyckor driver processen framåt. Förändringar i regelverket sker till exempel genom att en

flaggstat kan uppvisa övertygande behov av en förändring varpå förslaget tas upp till diskussion i en agendapunkt vid ett IMO-möte. Om man når enighet kan sedan tillägg till konventionerna göras.

Konsekvensen av det normativa/empiridrivna arbetssättet är att regelverket hämmar nya tekniska innovationer samtidigt som även detaljregleringen begränsar handlingsutrymmet för innovationer. Sedan 2002 jobbar man därför med att introducera Goal Based Standards (GBS) inom IMO. GBS är inte ett regelverk i sig utan avsett att reglera hur regler ska utformas. Målet är att öppna upp för nya innovationer genom att ersätta detaljregleringen med funktionsbaserade regelkrav baserade på riskanalys där IMO fattar beslut om vilken risknivå (nivån av risk för att dö, allvarligt skadas eller på annat sätt riskera hälsan) som är acceptabel.

4.3.3. Krav på effekt och tillförlitlighet

Inom sjöfart pågår för tillfället ett omfattande arbete med att införa mer funktionsbaserade regelkrav (Goal Based Standard, GBS) baserat på riskanalys där IMO fattar beslut om vilken risknivå som är acceptabel. I dagsläget är det dock svårt att säga hur långt man hunnit i detta arbete varför det är tveksamt om kraven på effekt och tillförlitlighet även gäller för det interaktiva gränssnittet som ligger närmast operatören.

4.3.4. Automatisering av operatörsuppgiften

Inom sjöfarten finns autopilot men den används inte alls i lika stor utsträckning som inom luftfart. Dessutom pågår en diskussion om huruvida autopilot ska kopplas till ECDIS + GPS eller om man ska använda flera positioneringssystem för att dubbelkolla samt säkerställa att styrman är aktiv. Ett problem inom sjöfarten är att många till synes integrerade maritima system i verkligheten varken är väl integrerade tekniskt sett eller med avseende på användargränssnittet. I viss mån kan detta bero på den långa livslängden av fartygen. Detta innebär att styrman måste överbrygga dessa integrerings-klyftor genom att övervaka, koordinera och kompromissa (Lutzhöft, 2005). Regelmässigt har befälhavaren alltid det yttersta ansvaret.

4.4. Luftfart

4.4.1. Hur processer och regelkrav ser ut

Den internationella civila luftfartsorganisationen (International Civil Aviation Organization, ICAO) är ett specialorgan inom FN med cirka 200 medlemsstater. ICAO:s uppgift är att underlätta flygning mellan världens stater och bidra till ökad flygsäkerhet genom att verka för gemensamma och ändamålsenliga regler med Chicagokonventionen som utgångspunkt. En särskild enhet inom ICAO genomför inspektioner av alla stater för att se i vilken utsträckning man följer säkerhetsrelaterade normer (ICAO Universal Safety Oversight Audit Programme).

Den Europeiska byrån för luftfartssäkerhet (European Aviation Safety Agency; EASA) är EU-kommissionens organ med ansvar för gemensamma flygsäkerhetsregler för all europeisk luftfart (EU:s 27 medlemsstater + Norge, Island, Liechtenstein, Schweiz). EASA certifierar alla nya flygplan och ansvarar även för deras fortsatta luftvärdighet. Tillsammans med nationella luftfartsmyndigheter (Transportstyrelsen i Sverige) arbetar EASA med tillsyn av luftfart. EASA arbetar även för att skydda miljön, skapa lika villkor för olika luftfartsaktörer på den inre marknaden och för att europeisk flygsäkerhet ska bli världsledande (bl.a. som en motpart till Federal Aviation Administration, FAA i USA).

EASA har ett regelutvecklingsprogram där alla (personer, organisationer, myndigheter) får kommentera nya regelförslag och dessa kommentarer måsta sedan besvaras av EASA. När remissarbetet är avslutat lämnas förslaget vidare till EU-kommissionen som ett yttrande. När EU-kommissionen antagit utkastet går det vidare till Ministerrådet och EU-parlamentet för granskning. Ministerrådet tar ställning medan EU-parlamentet beslutar. Ministerrådet och EU-parlamentet måste

vara överens för att kunna fatta beslut om en ny lag. EASA ansvarar slutligen för att alla hänvisningar m.m. stämmer och publicerar det godkända materialet på sin hemsida. När en ny EU-lag trätt i kraft är det upp till medlemsstaterna att genomföra den. I Sverige ansvarar Transportstyrelsen för att regelverket kring luftfartssäkerhet följs. För att säkerställa en harmoniserad tillämpning av det gemensamma regelverket genomför EASA standardiseringsinspektioner (i Sverige på Transportstyrelsen och anda organisationer som berörs av regelverket – t.ex. Segelflygets CAMO). Huvudprincipen är alltså att EASA svarar för utveckling av ett gemensamt regelverk (bistår kommissionen) och säkerställandet av en harmoniserad tillämpning medan nationella myndigheter svarar för tillståndsgivning och tillsyn.

För att få bygga ett flygplan måste man först ha ett tillstånd för att konstruera flygplanet och för att få ett sådant måste man ha en godkänd Konstruktionsorganisation (Design Organisation Approval, DOA). Konstruktionsorganisationen tar sedan fram en design med tillhörande ritningar. Det krävs även instruktioner för hur den ska tillverkas, hur den ska flygas och underhållas under drift. Kravet på konstruktionen görs mot en Certifieringsspecifikation (CS). När alla krav är uppfyllda enligt certifieringsspecifikationen kan flygplanet godkännas av EASA som därmed får ansvaret för att övervaka konstruktionen. I samband med godkännandet ansvarar även konstruktionsorganisationen för att instruktioner för den fortsatta luftvärdigheten finns, dvs. underhållsdata (vad som ska göras, hur det ska göras och med vilka intervall).

För att sedan få tillverka ett flygplan måste man även ha en godkänd Tillverkningsorganisation (Production Organisations Approvals, POA). En godkänd Tillverkningsorganisation får tillverka flygplan, delar och utrustning enligt anvisningar de får från Konstruktionsorganisationen. Vid registrering utfärdar den stat där flygplanet ska registreras sedan bl.a. luftvärdighetsbevis, granskningsbevis (ARC) och miljövärdighetsbevis. Efter registrering med tillhörande dokument omfattas flygplanet av reglerna för den fortsatta luftvärdigheten. Efter det att alla tillstånd har godkänts följer fortsatt efterlevnad av reglerna och eventuell vidareutveckling av luftfartygskonstruktionen. Tillverkningsorganisationerna (POA) och konstruktionsorganisationerna (DOA) kontrollerar kontinuerligt själva att de interna rutinerna följs och att reglerna efterlevs. EASA ansvarar för att övervaka konstruktionsorganisationen (DOA) samt utfärdar luftvärdighetsdirektiv (AD, Airworthiness Directive) om brister i konstruktionen upptäcks. Den nationella myndigheten (Transportstyrelsen) övervakar tillverkningsorganisationen (POA).

Alla förändringar, modifieringar, som önskas på ett flygplan måste ha ett modifieringsgodkännande med tillhörande instruktioner i hur det ska utföras och med vilka delar. Modifiering kan vara att montera in, ta bort, eller flytta utrustning, ombyggnad eller förbättringar. Godkännande av mindre modifieringar kan göras av en DOA medan en större modifiering alltid godkänns av EASA.

Som ett komplement till regelsystemet testas alla nya flygplan av testpiloter. Syftet med testningen är att exempelvis bedöma piloternas kognitiva arbetsbelastning. Ett problem är dock att testpiloterna är mycket duktiga piloter som knappast kan anses som representanter för den genomsnittliga piloten.

ICAO ansvarar för Chicagokonventionen som innehåller grundläggande, allmänna internationella regler. Baserat på konventionen har EASA utarbetat grundförordningen med grundläggande krav (Essential Requirements, ER) som fastställer bestämmelser på luftfartsområdet i Europa. Dessa krav kompletteras med mer detaljerade Tillämpningsföreskrifter (Implementing Rules, IR). Därutöver har rådgivande material i form av Certifieringsspecifikation (Certification Specifications, CS – där CS25 gäller utformning av cockpit), Godtagbara sätt att uppfylla kraven (Acceptable Means of Compliance, AMC) och Vägledande material (Guidance Material, GM) utarbetas och beslutas av EASA. Såväl grundförordningen som tillämpningsföreskrifterna med rådgivande material finns tillgängliga på EASA:s hemsida. Tillämpningsföreskrifterna finns på alla de officiella EU-språken medan det rådgivande materialet än så länge endast finns på engelska. Slutligen finns olika nationella regelverk som i Sverige finns samlade i Transportstyrelsens författningssamling (TSFS).

4.4.2. Detaljreglerade eller funktionsbaserade regelkrav

Inom luftfart finns mycket omfattande regelkrav på internationell, europeisk och nationell nivå. Regelkraven är i stor utsträckning detaljreglerande men kompletteras med funktionsbaserade krav genom provflygningar genomförda av testpiloter som testar funktionaliteten, den mentala arbetsbelastningen osv. Generellt sett är regelkrav såväl som processen mycket starkt fokuserad på säkerhet vilket hämmar en snabb teknisk utveckling vilket på sikt skulle kunna bidra till ännu högre säkerhet.

4.4.3. Krav på effekt och tillförlitlighet

Inom luftfart finns ett mycket omfattande regelsystem kopplat till alla delar av flygplanets utformning och funktionalitet med formella – ofta detaljstyrda – regelkrav i kombination med provflygningar genomförda av testpiloter. Detta gäller för nyproduktion såväl som modifiering och reparation av befintlig utrustning. För att få ett system/flygplan godkänt krävs vidare att man har både en godkänd Design- (DOA) och Tillverkningsorganisation (POA). Designorganisationen är ansvariga för designen med tillhörande ritningar. men även för instruktioner för hur tillverkning, flygning och underhåll ska gå till. Tillverknings- (POA) och konstruktionsorganisationerna (DOA) kontrollerar kontinuerligt själva att de interna rutinerna följs och att reglerna efterlevs. EASA ansvarar för att övervaka konstruktionsorganisationen (DOA) samt utfärdar Luftvärdighetsdirektiv (AD, Airworthiness Directive) om brister i konstruktionen upptäcks. Den nationella myndigheten (i Sverige Transportstyrelsen) övervakar tillverkningsorganisationen (POA). Kraven på effekt och tillförlitlighet gäller således det tekniska systemet i sitt sammanhang vilket även inkluderar det interaktiva gränssnittet som ligger närmast operatören.

4.4.4. Automatisering av operatörsuppgiften

Inom luftfarten har automatiseringen gått väldigt långt och de tekniskt mest avancerade flygplanen skulle i princip kunna framföras med enbart autopilot. Autopiloten ska dock i första hand ses som ett hjälpmedel för att minska den mentala belastningen och frigöra kognitiv kapacitet samt öka säkerheten vid t.ex. start och landning i dåligt väder. När autopiloten är aktiverad går styrman/befälhavare igenom olika checklistor, övervakar systemen och håller kontakt med flygtrafikledningen om så krävs. För att piloterna hela tiden ska kunna hålla sig au jour och klara de regelbundna testflygningarna i simulatorn kopplar de periodvis ur autopiloten och flyger manuellt både vid start/landning och under resans gång. Om de inte skulle göra detta skulle ytterligare träning i simulator kanske behövas. Dessutom tycks utvecklingen gå mot allt kortare perioder på marken mellan flygningar vilket minskar marginalerna och ställer allt högre krav på de tekniska systemen vilket på sikt skulle kunna leda till en tillbakagång mot alltmer manuell flygning. Regelmässigt har befälhavaren alltid det yttersta ansvaret.

4.5. Sammanfattning och eventuella skillnader mellan trafikslagen

4.5.1. Hur processer och regelkrav ser ut

På internationell nivå finns inom vägtrafik, sjöfart och luftfart – men inte järnväg - speciella FN-organ (vägtrafik: UNECE; sjöfart: IMO; luftfart: ICAO) som arbetar för en global harmonisering och internationell säkerhet inom respektive trafikslag. På europeisk nivå har EU-kommissionen inom järnväg, sjöfart och luftfart specifika organ (järnväg: ERA; sjöfart: EMSA; luftfart: EASA) som även de arbetar för harmonisering och säkerhet. Inom vägtrafik har EU-kommissionen inget specifikt organ utan arbetet med trafiksäkerhet pågår mer utspritt inom organisationen. Slutligen, på nationell nivå ansvarar Transportstyrelsen för regelgivning, tillståndsprövning och tillsyn av samtliga fyra trafikslag. De nationella föreskrifterna publiceras i Transportstyrelsens författningssamling (TSFS). Inom vägtrafik och sjöfart är processen med att förnya regelverken övervägande reaktiv och drivs av industrin (väg) respektive olyckor (sjöfart). Inom sjöfart bedrivs dock ett aktivt arbete för att på sikt få en mer proaktiv process genom att utforma funktionsbaserade regelkrav kopplat till riskanalys (GBS).

Inom luftfart är processen med att förnya regelverken mer proaktiv med ett klart fokus på säkerhet. Slutligen, inom järnväg har processen med att förnya regelverken i princip avstannat till följd av att det sedan mer än ett decennium tillbaka är förbjudet att utveckla ATC eftersom ERA vill främja införandet av det europeiska gemensamma tågskyddsystemet ERTMS. Från och med den 1 januari 2016 kommer dessutom europeiska bestämmelser gälla för att få bedriva tågtrafik på det svenska järnvägsnätet.

4.5.2. Detaljreglerade eller funktionsbaserade regelkrav

Detaljreglerade regelkrav ger hög kvalitetssäkring då allt ifrån material till design är väl dokumenterat och utprovat. Fördelen med ett funktionsbaserade regelkrav är å andra sidan att de underlättar införandet av innovationer och nya tekniska system genom att skapa ett större designutrymme. Dessa innovationer och nya tekniska system skulle på lite längre sikt kanske kunna förbättra säkerheten ännu mer. Genom att ställa krav på olika typer av riskanalyser säkerställs även med funktionsbaserade regelkrav en hög säkerhetsnivå.

Inom samtliga trafikslag är regelkraven, med vissa undantag, i dagsläget övervägande detaljreglerade vilket, åtminstone till viss del, kan bero på att det är relativt lätt att genomföra de traditionella mätningar (exempelvis bromsverkan) som behövs för att kontrollera om de detaljstyrda regelkraven uppfylls. Däremot är det betydligt svårare att mäta operatörernas kognitiva begränsningar och beteende i komplexa systemmiljöer med bristande transparens – vilket behövs för att kunna avgöra om de funktionsbaserade regelkraven uppfylls. Inom luftfart har man dock sedan länge kompletterat de detaljreglerade regelkraven med funktionsbaserade regelkrav genom användandet av testpiloter som en obligatorisk del av certifieringen. Samtidigt kan man även inom de tre andra trafikslagen börja se en utveckling mot alltmer funktionsbaserade regelkrav. Inom vägtrafik är exempelvis NTHSAs riktlinjer från 2012, funktionsbaserade medan man inom sjöfart aktivt arbetar med införandet av mer funktionsbaserade regelkrav kopplat till riskanalys (GBS).

4.5.3. Krav på effekt och tillförlitlighet

Inom luftfart säkerställs effekten och tillförlitlighet hos nya tekniska system med hjälp av detalj-reglerade regelkrav kompletterade med funktionsbaserade regelkrav genom obligatorisk användning av testpiloter. Ett obligatorisk införande av test ”piloter” för alla trafikslag i likhet med luftfart har stor potential som ett verktyg att säkerställa införande av nya tekniska system och hur dessa system är utformade och anpassade till människan. Detta innebär att nya tekniska system testas i sitt sammanhang och inte isolerade från sin omgivning. Kraven på effekt och tillförlitlighet gäller därmed även för det interaktiva gränssnittet som ligger närmast operatören. Inom övriga trafikslag saknas i dagsläget väl utvecklade metoder för att testa de funktionsbaserade regelkraven vilket gör det svårt, om ens möjligt, att testa nya system i sitt sammanhang.

4.5.4. Automatisering av operatörsuppgiften

Som resultat av den snabba tekniska utvecklingen finns i dagsläget fordon på NTHSA:s tredje (begränsad autonom körning) och fjärde (fullständig autonom körning) nivå av automatisering inom samtliga trafikslag. Traditionellt sett har man inom luftfart kommit längst vad gäller automatisering då flygplanens autopilot regelmässigt tar över kontrollen från piloterna under större delen av resan – piloterna måste dock fortfarande övervaka systemen och vara redo att ta över kontrollen om något oförutsägbart skulle inträffa. Med hjälp av autopiloten frigörs delar av piloternas mentala kapacitet som då istället kan användas till att exempelvis gå igenom olika checklistor. Om arbetsbelastningen blir alltför låg finns dock risk för mental underbelastning vilket även det har en negativ effekt på piloternas förmåga att upprätthålla säkerheten. Ett annat problem med hög nivå av automatisering är hur operatörerna utan regelbunden träning ska kunna bibehålla olika färdigheter. Inom luftfart har man bl.a. löst detta genom att piloterna regelbundet kopplar bort autopiloten och flyger planen manuellt.

Detta skulle antagligen kunna appliceras även inom järnväg och sjöfart medan det inom vägtrafiken, med en väldigt många mindre aktörer, troligtvis skulle vara svårare att verkställa.

Även inom sjöfart finns autopiloter med liknande funktion som inom luftfarten. En stor skillnad mellan luftfart och sjöfart är dock att flygplan väldigt sällan hamnar på kollisonskurs med varandra medan det är väldigt vanligt att fartyg hamnar på kollisionskurs med ett eller flera andra fartyg. Detta innebär att styrman på fartyg hela tiden måste vara beredd att ingripa och justera kursen vilket kan vara en av anledningarna till att autopilot inte används i riktigt lika stor utsträckning inom sjöfart som inom luftfart. Samtidigt kan man skönja en utveckling mot allt fler markanta farleder vilket på sikt skulle kunna öppna upp för ökad automatisering.

Inom både vägtrafik och järnväg finns fordon på NTHSA:s fjärde nivå (fullständig automatisering). Inom vägtrafik finns Google-bilen som klarat uppkörningen för körkort utan förare och nu får köra omkring i Nevada i USA helt på egen hand. Inom järnväg är rörelseutrymmet mer begränsat men exempel på fullständigt automatiserade tåg är bland annat Palm Jumeirah Monorail i Dubai i Förenade Arabemiraten och Yurikamome Monorail i Tokyo i Japan. På Palm Jumeirah Monorail finns en förare som ska kunna ingripa vid olycka medan Yurikamome Monorail är helt förarlös. Tekniken finns alltså men det kommer nog ändå dröja relativt länge innan fullständigt automatiserade bilar, lastbilar och tåg dominerar det svenska transportnätet. Detta innebär dock samtidigt att det finns en mycket stor potential att inom vägtrafik och järnväg skapa bra regelverk som tar hänsyn till operatörens kognitiva begränsningar.

Tabell 1. Jämförelse mellan de fyra trafikslagen.

Fråga	Vägtrafik	Järnväg	Sjöfart	Luftfart
Internationella myndigheter	UNECE WP.29	-	IMO	ICAO
Internationella regelverk	Wienkonventionen Ex. Regulation no.121	-	Ex. SOLAS	Chicagokonventionen
Europeiska myndigheter	EU	ERA	EMSA	EASA
Europeiska regelverk	Ramförordning	2004/49/EG, 2008/57/EG	-	ER, IR, CS, AMC, GM
Nationella myndigheter	Transportstyrelsen	Transportstyrelsen	Transportstyrelsen	Transportstyrelsen
Nationella regelverk	TSFS	TSFS	TSFS	TSFS
Processen är	Reaktiv	Avstannad med avseende på ATC	Reaktiv på väg mot proaktiv	Proaktiv
Processen drivs av	Industrin	Hindras av ERA	Olyckor	Säkerhetstänk
Detaljreglerade-/funktionsbaserade regelkrav	Främst detaljreglerade - NTHSAs riktlinjer funktionsbaserade	Främst detaljreglerade	Främst detaljreglerade - på väg mot funktionsbaserade kopplat till riskanalys (GBS)	Främst detaljreglerade - i kombination med funktionsbaserade (testpiloter)
Hur säkerställer man att den nya tekniken har god effekt?	Detta säkerställs i dagsläget inte.	Detta säkerställs i dagsläget inte.	Detta säkerställs i dagsläget inte.	Detta säkerställs genom att detaljstyrda regelkrav kombineras med funktionsbaserade regelkrav.
Grad av automatisering i Sverige	NHTSA nivå 2 Test med nivå 3	NHTSA nivå 3(i Sverige)	NHTSA nivå 3	NHTSA nivå 3
Automatisering av trafikslaget	De tekniska förutsättningarna existerar för helt förarlösa fordon men ansvarsfrågan är problematisk	Tågens begränsade rörelsefrihet i kombination med ATP/ERTMS ger bra förutsättningar för automatisering	Autopilot används inte i lika stor utsträckning som inom luftfarten men utvecklingen mot mer markanta farleder gynnar ger förbättrade förutsättningar	Autopilot används rutinmässigt men man kan skönja en viss tillbakagång mot manuell flygning pga. exempelvis behovet av flygträning hos piloterna

5. Analys av de kognitiva förmågor som krävs

Baserat på den information som framkom i intervjuerna valde författarna ut en kombination av system som i dagsläget används under en vanlig resa inom respektive trafikslag. Utgångspunkten är en händelselös resa utan några incidenter eller olyckor. Denna förenkling har gjorts eftersom de allra flesta resor är relativt händelselösa med vägtrafik som enda möjliga undantag då vägtrafik oftast är oerhört händelserik och fullt av potentiella konfliktpunkter. Vägtrafiken är också minst reglerad med avseende på de olika trafikantgrupperna som får bruka systemet – barn behöver exempelvis inte ha genomgått något lämplighets- eller kunskapsprov innan de får gå över gatan vid ett övergångställe. Det finns även många samspel mellan olika trafikantgrupper i vägtrafiken.

Grundprincipen är att jämföra de inblandade systemen med avseende på den kognitiva belastningen som inverkar på operatörens förmåga att prestera optimalt och som utgångsläge används de kognitiva förmågor som hade krävts om operatören hade framfört fordonet helt manuellt. Inom de övriga trafikslag är konflikter och incidenter dock betydligt ovanligare under en vanlig resa. En begränsning med denna metod är svårigheten att på ett tillförlitligt sätt kalibrerar den uppskattade belastningen för respektive trafikslag och alla (rimliga) trafiksituationer. Man skulle behöva ett stort empiriskt underlag för att kunna kartlägga och kalibrera den kognitiva belastningen och med högre precision kunna tala om vilka kognitiva förmågor som krävs vid användning av olika tekniska system.

Innan man kan beskriva vilka kognitiva förmågor som krävs vid användning av olika tekniska system måste man dock beskriva vad man menar med kognitiv förmåga.

Kognition är hur en person förstår och agerar med sin omvärld, och dessa förmågor eller processer är en del av nästan allting vi människor gör. Färdigheterna genomförs av den mänskliga hjärnan och kan bestå av enkla uppgifter (t.ex. trycka på en knapp) såväl som mycket komplexa (t.ex. att köra bil i okänd tätortstrafik).

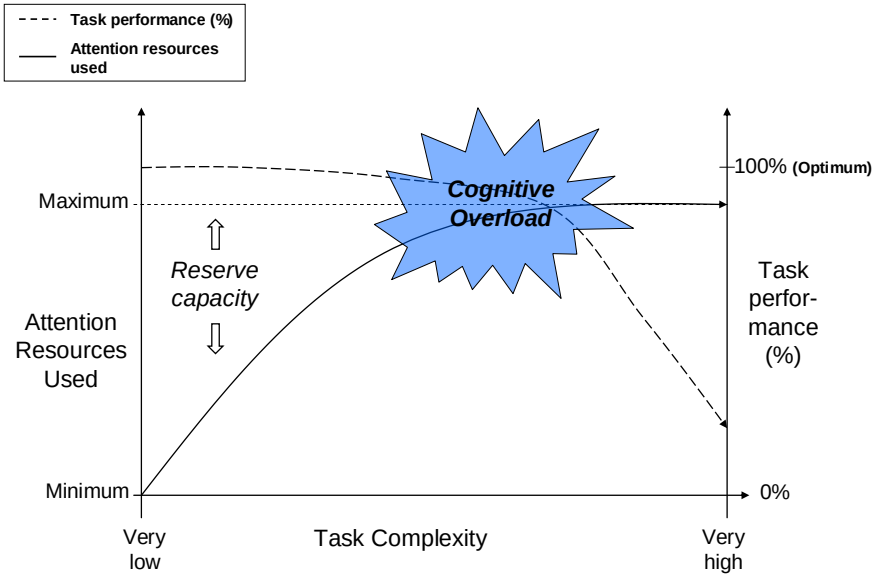
Människans förmåga att tänka eller använda kognition (mentala processer) bygger på grundläggande psykologiska funktioner så som minne (kort- och långtidsminnet), inlärningsförmåga, problemlösning och uppmärksamhet. Människan behöver även ta in och tolka stimuli från sin miljö; perception. Vidare behövs beslutsfattande tillsammans med motoriska färdigheter, språkliga färdigheter och i viss mån även sociala färdigheter (för att kunna ta hänsyn till olika sociala sammanhang även i transport-systemet).

Tabell 2. Kognitiva förmågor och korresponderande färdigheter .

Kognitiva förmågor/ hjärnfunktioner	Korresponderande färdigheter
Perception	Igenkänning och tolkning av stimuli genom de sensoriska organen (lukt, känsel, hörsel, syn)
Uppmärksamhet	Förmåga att koncentrerar sig på ett särskilt objekt, handling eller tanke. Människans uppmärksamhet är en nyckelresurs och helt avgörande för människans kognitiva prestationsförmåga eftersom den är mycket begränsad.
Minnet	Korttids-/arbetsminnet (begränsad kapacitet). Långtidsminnet (obegränsad/mycket stor kapacitet).
Motoriken	Förmåga att röra (och styra) kroppen/muskler.
Språk	Förmåga att förvandla ljud till ord som ger mening.
Visuella och Spatiala Processer	Förmåga att förstå spatiala förhållningssätt mellan saker och ting. Förmåga att visualisera saker i tid och rum.

Kognitiva förmågor/ hjärnfunktioner	Korresponderande färdigheter
Exekutiva Funktioner	Förmåga att ha mål-orienterad beteende som planering och verkställande av mål. Detta kan inkludera: **Flexibilitet** Förmåga att snabbt byta till ett lämpligt eller lämpligare läge för att utföra en uppgift. **Empati** Insikt i andra människors inre världar/tankesätt, planer mm. **Förutse** Förutseende baserat på mönsterigenkänning. **Problemlösning** Att kunna definiera problem samt generera lösningar och sedan välja de bästa. **Beslutsfattning** Förmågan att ta beslut baserat på problemlösning, baserat på information som inte är fullständigt samt baserat på egna och andras emotioner/känslor. **Korttids-/arbetsminnet** Förmågan att hålla och bearbeta information i realtid. **Emotionell självreglering** Förmågan att identifiera och hantera ens egna känslor för att öka sin prestations-förmåga. **Sekvensering** Förmågan att bryta ner komplexa uppgifter till hanterbara enheter för att lösa hela uppgiften. **Inhibition** Förmågan att motstå distraktion och interna drifter för att lösa högre mål.

Vissa kognitiva funktioner blir sämre med åldern (t.ex. exekutiva funktioner) medan andra kognitiva funktioner/förmågor kan bli sämre om de sällan används. De senare kan dock förbättras igen vid regelbunden övning. Det finns även kombinationer av dessa kognitiva funktioner ovan som är relevant till operatörsuppgiften, exempelvis situationsuppfattningen men behandlas inte särskilt i denna rapport. Huvudfokus läggs på den mentala belastningen eftersom det är begränsningar i människans förmåga att bearbeta information som är den stora flaskhalsen och påverkar allt annat som vi kan göra.

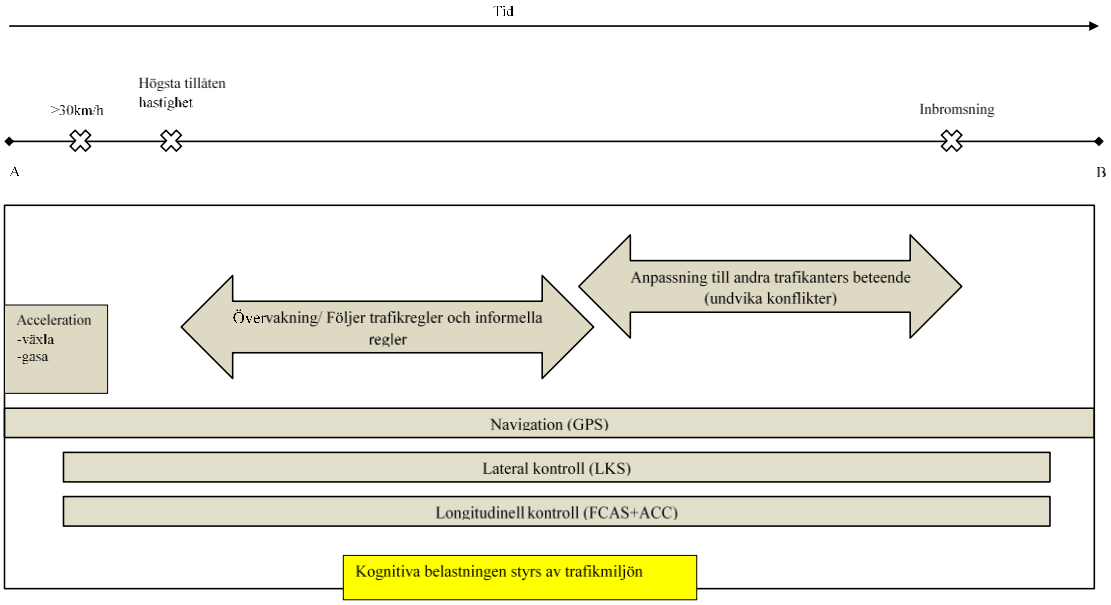


Figur 1. En schematisk beskrivning av relationen mellan mentala uppmärksamhetsresurser och överbelastning utifrån en optimal uppgiftsprestationsnivå. En riskzon för överbelastning som resulterar i en försämring av uppgiftsprestation.

Rutinerade förare (eller operatörer) är oftast skickliga på att bryta ner en större uppgift till mindre deluppgifter som de prioriterar och ordnar sekventiellt för att klara av att lösa uppgiften trots en människas begränsade uppmärksamhetsförmåga (Wickens & Hollands, 2000; Patten et al., 2006). När människan börjar närma sig gränsen för sin kognitiva förmåga (trots sina optimeringsstrategier) i formen av kognitiv överbelastning (se figur 1 ovan) kommer hon börja göra flera misstag och handhavande fel (Patten, 2007). Dessutom kommer antalet ögonfixeringar att öka (ögat scannar inte effektivt utan fastnar på föremål i sin omgivning/förarmiljö och/eller tittar bara rakt fram) samtidigt som det funktionella synfältet kommer att smalna av (en typ av kognitivt tunnelseende). Till slut blir belastningen för hög och prestationsförmågan reduceras på grund av att uppgiften/-erna kräver mera av människan än vad som är möjligt.

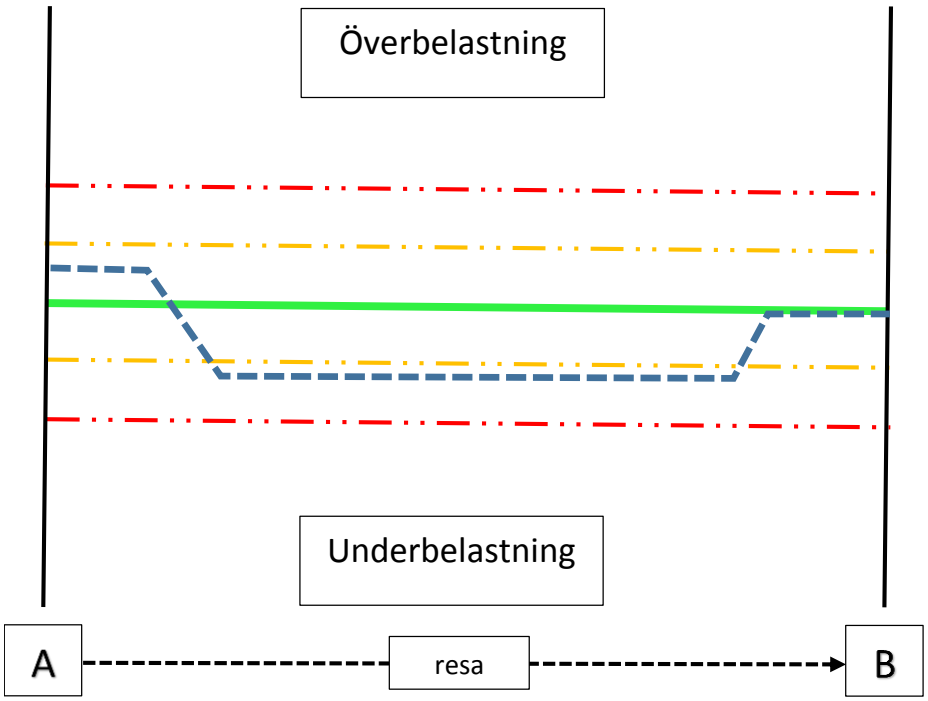
5.1.1. Vägtrafik

Grundprincipen för beskrivningarna nedan är att jämföra ett antal tekniska system med den kognitiva belastningen som inverkar på operatörens förmåga att prestera optimalt. Beskrivningen nedan förutsätter en resa helt utan konflikter, incidenter eller olyckor även om en vägtrafikresa oftast innehåller konflikter och även incidenter.



Figur 2. Uppgiftsbeskrivning av att köra bil i vägtrafik mellan två punkter med olika tekniska system.

Figur 2 ovan beskriver en resa med bil från punkt A till B. Bilen är försedd med ett GPS-navigeringssystem (NHTSA *Nivå 0 – Ingen automatisering*) och två system för lateral och longitudinell kontroll (NHTSA *Nivå 2 – Funktionskombinerad automatisering*). Den gula rutan illustrerar var i tiden huvuddelen av den höga kognitiva belastningen på denna resa. I vägtrafik är dock trafikens komplexitet mycket situationsberoende och mycket varierande. Föraruppgiften i vägtrafik kräver att trafikens formella och informella regler efterlevs/anpassas till samt att föraren också anpassar/förhåller sig till andra trafikanters beteende för att undvika konflikter/kollisioner trots att det finns nivå 2 system.



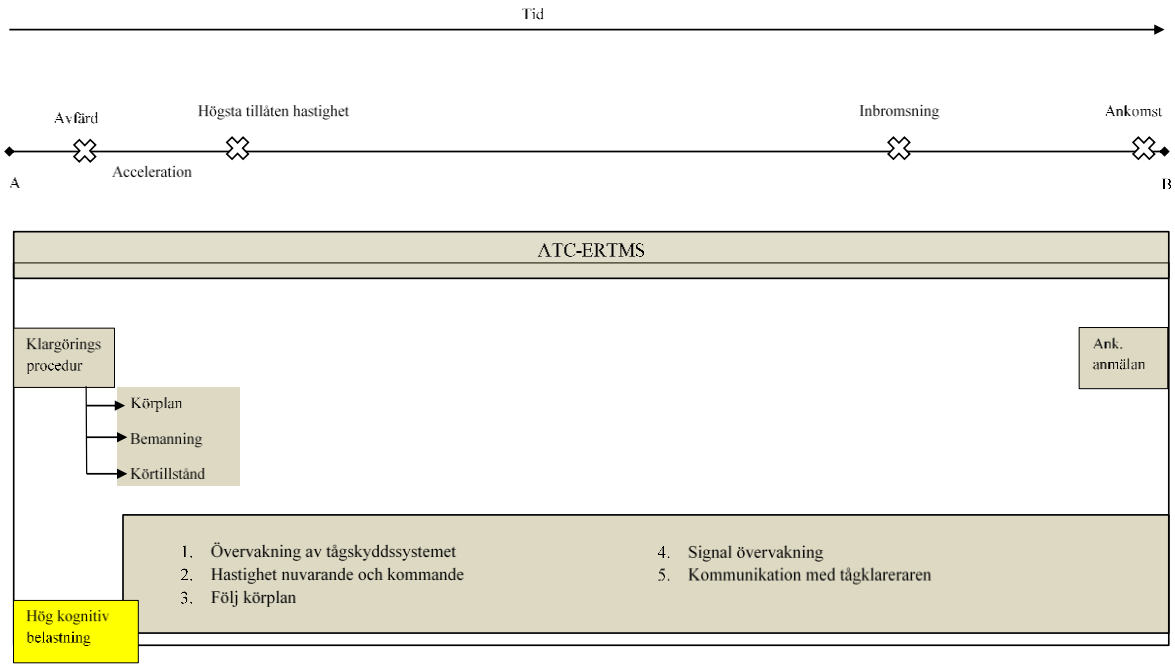
Figur 3. En schematisk beskrivning av relationen mellan mental under-, och överbelastning utifrån en optimal prestationsnivå inom vägtrafik. Den gröna linjen i mitten representerar en optimerad prestandanivå medan de gula och röda linjerna representerar under-, respektive överbelastning. Den blåa linjen representerar en ungefärlig nivå av belastning i relation till tidslinjen på uppgiftsfiguren ovan.

Föraren/operatören kommer att uppleva en lägre belastningsnivå under den delen av resan som Nivå2 systemen är i drift. Tidsfönster för föraren/operatören att reagera i vägtrafiken är generellt 1/10 sekunder.

Figur 3 beskriver den mentala belastningen under resan beskriven i figur 2. Det som är karaktäristiskt för relationen mellan kognitiv förmåga och de tekniska systemen är att när resan kommit igång börjar föraren bli understimulerad eftersom de tekniska systemen tagit över delar av köruppgiften. I perioder av underbelastning kommer föraren därför att söka andra ”aktiviteter” för att vidmakthålla en lagom nivå av stimulans. På grund av detta ökar frestelsen att använda exempelvis sociala media.

5.1.2. Järnväg

Beskrivningarna nedan är att jämföra ett antal tekniska system med de kognitiva belastningen som inverkar på operatörens förmåga att prestera optimalt. Beskrivningen nedan förutsätter en resa helt utan konflikter, incidenter eller olyckor.

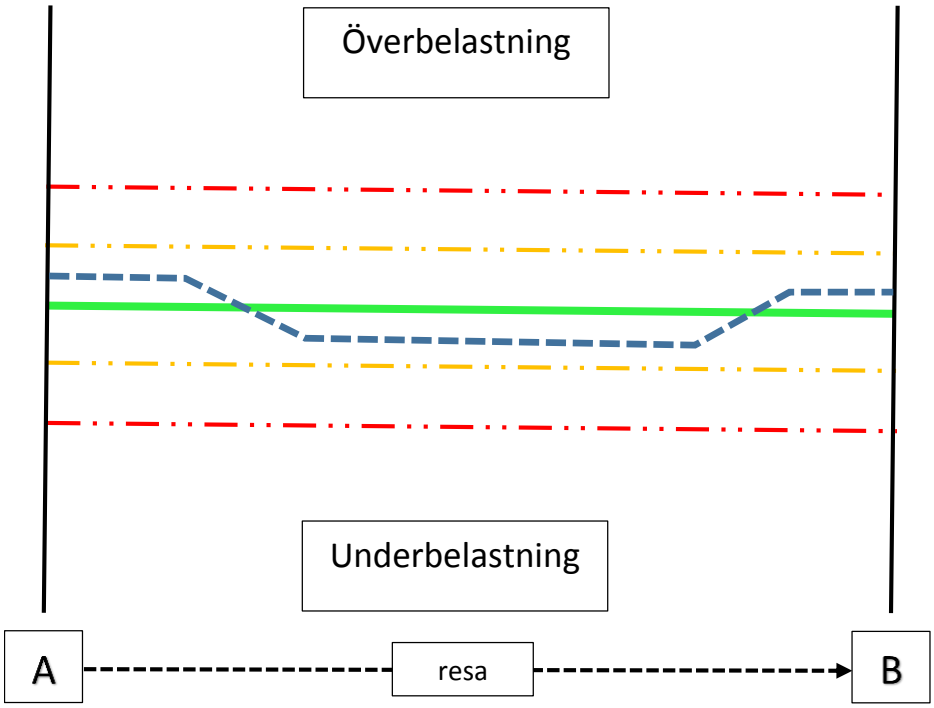


1. ATC display innehåller inte all information, eg. stopp, signaler.
2. ETCS display innehåller all information och kräver att föraren tittar på displayen kontinuerligt.

Figur 4. Uppgiftsbeskrivning av att köra tåg mellan två punkter med olika tekniska system.

Figur 4 ovan beskriver en resa med tåg från punkt A till B. Loket är försett med ett ATC eller ERTMS system (*Nivå 3* – Begränsad autonom körning). ATC är ett samlingsnamn för olika säkerhetssystem (ATP – Automatic Train Protection; ATO – Automatic Train Operation; ATS - Automatic Train Supervision) för järnväg som kraftigt minskar risken för olyckor som orsakas av handhavandefel från lokföraren. I enklare form övervakar ATC/ERMTS endast att den tillåtna hastigheten inte överskrids eller att en stoppsignal inte passeras. ERTMS består av ETCS (European Train Control System) och GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway). Syftet med ERTMS är att säkerställa att hastighetsrestriktioner efterlevs samt omöjliggöra passage av signaler med stoppbesked. I de fall lokföraren inte respekterar gällande hastighetsbegränsningar eller i tid reducera farten till kommande hastighetsbegränsningar griper omborddatorn in med broms.

Syftet med ATC är att förhindra mänskliga felhandlingar men lokförarens uppgift är huvudsakligen att köra manuellt. Den gula rutan illustrerar var i tiden huvuddelen av den höga kognitiva belastningen på denna resa. Föraruppgiften inom järnvägen kräver att trafikens formella regler efterlevs. Att köra ett tåg med ATC är trots allt en väldigt manuell uppgift styrd av många formella regler.

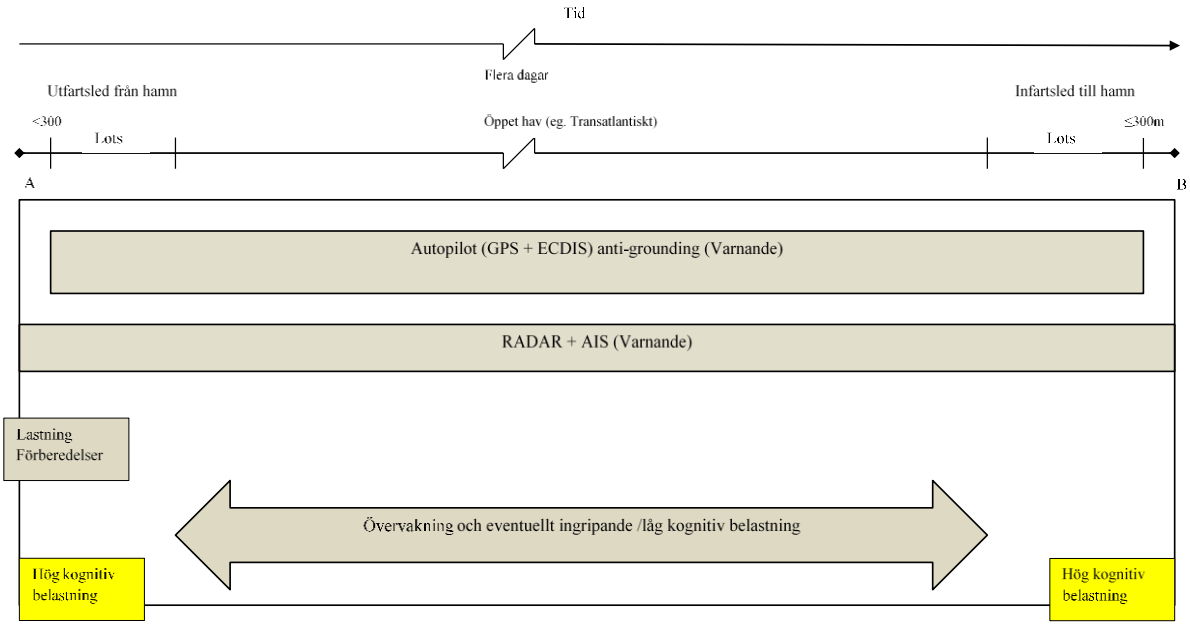


Figur 5. En schematisk beskrivning av relationen mellan mental under-, och överbelastning utifrån en optimal prestationsnivå i järnvägstrafiken. Den gröna linjen i mitten representerar en optimerad prestandanivå medan de gula och röda linjerna representerar under-, respektive överbelastning. Den blåa linjen representerar en ungefärlig nivå av belastning i relation till tidslinjen på uppgiftsfiguren ovan.

Tågresan beskriven ovan är huvudsakligen manuell och kräver kontinuerlig kontroll av loket. Den mentala belastningen är högre i början på resan. Att framföra ett tåg kräver enbart longitudinell kontroll (t.ex. hastighet). Om lokföraren exempelvis inte reducerar hastigheten, kommer skydds-systemen att träda in och bromsa tåget. En typisk resa innebär i regel multipla uppehåll eller stopp vid exempelvis stationer vilket skapar höjningar och sänkningar i belastningen på lokföraren. Skulle lokföraren behöva ”köra” tåg på NHTSA nivå 4 och endast överse systemen, skulle belastnings-profilen i figuren sjunka kraftigt eftersom lokföraren skulle bli klart underbelastad. Inom järnväg handlar tidsfönstret för lokföraren att reagera i generellt om sekunder.

5.1.3. Sjöfart

Beskrivningarna nedan är att jämföra ett antal tekniska system med de kognitiva belastningen som inverkar på operatörens förmåga att prestera optimalt. Beskrivningen nedan förutsätter en resa helt utan konflikter, incidenter eller olyckor.



1. AIS: Automatic Identification System*
2. RADAR: Kollisionsvarnande RADAR

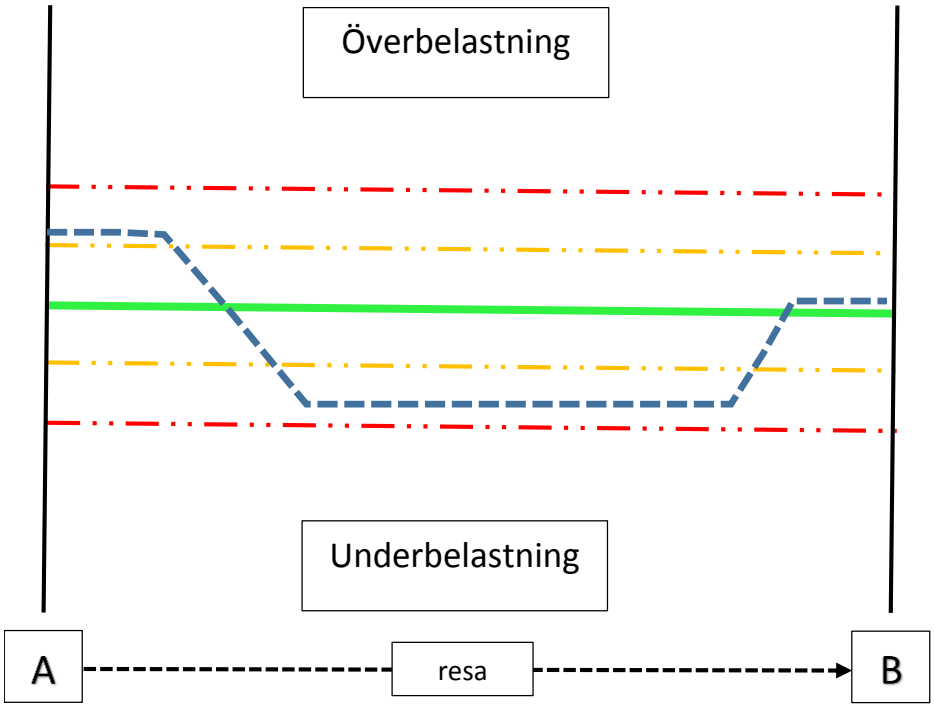
Ej ingripande system (varnande)
Systemen mäter hastighet olika

*alla fartyg har inte AIS

Figur 6. Uppgiftsbeskrivning av att köra fartyg mellan två punkter med olika tekniska system.

Figur 6 ovan beskriver en resa med tåg från punkt A till B. Fartyget är försett med ECDIS – elektroniskt sjökort kombinerat med GPS *(Nivå 0 – Ingen automatisering)*, Radar och AIS – antikollisionssystem *(Nivå 1 – Funktionsspecifik automatisering)*, Maskin management system – ingriper om maskinen riskerar att bli överbelastad *(Nivå 2 – Funktionskombinerad automatisering)* och Autopilot – anti-grounding *(Nivå 3 – Begränsad autonom körning)*.

De gula rutorna finns alldeles i början och i slutet av resan. Vid en vanlig resa över ett större hav finns det många timmar med väldigt låg kognitiv belastning för dem på bryggan. De tekniska systemen på NHTSA nivå 3 med autopilot och anti-grounding kan i och för sig kontrollera fartyget efter en förprogrammerad rutt men kan inte ingripa för att undvika exempelvis kollision med ett annat fartyg. Det är alltid fartygets kapten/styrman som måste ta ställning till och ha ansvaret för en kursändring samt generellt för framförandet av fartyget oavsett tekniska system. Detta gäller även när lotsen har tillfälligt befäl på väg in och ut ur ett hamnområde.



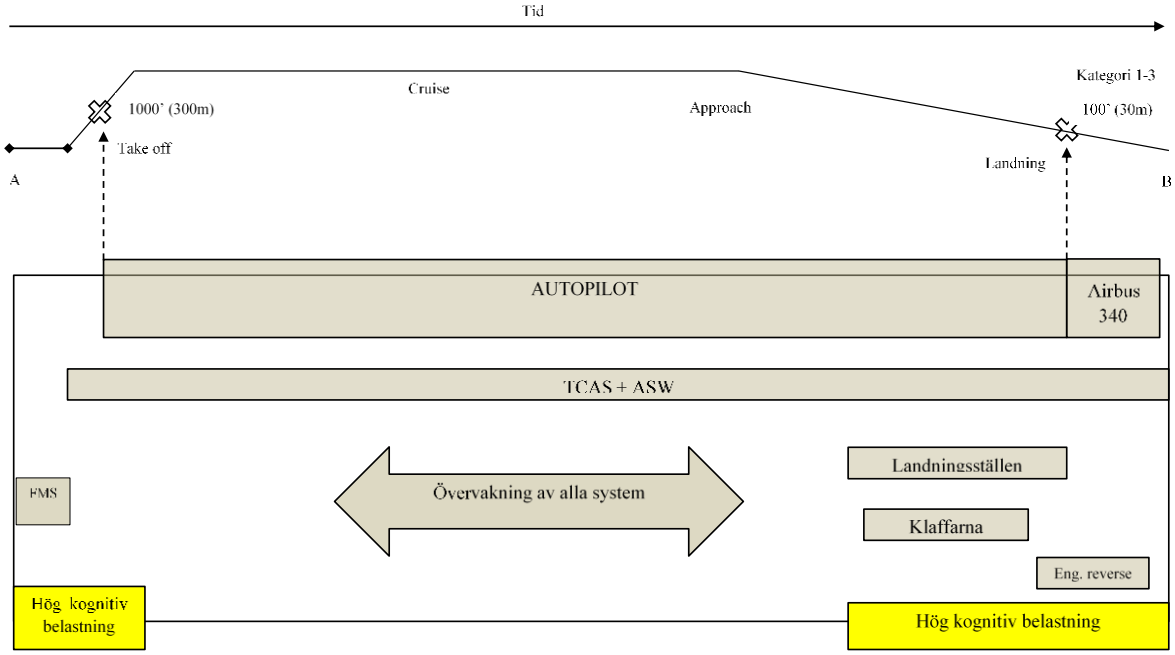
Figur 7. En schematisk beskrivning av relationen mellan mental under-, och överbelastning utifrån en optimal prestationsnivå i sjöfartstrafiken. Den gröna linjen i mitten representerar en optimerad prestandanivå medan de gula och röda linjerna representerar under-, respektive överbelastning. Den blåa linjen representerar en ungefärlig nivå av belastning i relation till tidslinjen på uppgiftsfiguren ovan.

Resan beskriven ovan med ett fartyg karakteriseras av tekniska system som tar över vissa delar av kaptenens/styrmannens ”köruppgift” vilket förvandlar denne till en övervakare av system med långa perioder av händelselös färd (t.ex. på öppet hav) och underbelastning i termer av fordonskontroll. En resa inom sjöfarten kan vara i flera dagar exempelvis över atlanten. Inom sjöfart handlar tidsfönstret för befälet att reagera i generellt om minuter och timmar.

5.1.4. Luftfart

Beskrivningarna nedan syftar till att jämföra ett antal tekniska system med de kognitiva belastningar som inverkar på operatörens förmåga att kunna prestera optimalt. Beskrivningen nedan förutsätter en resa helt utan konflikter, incidenter eller olyckor.

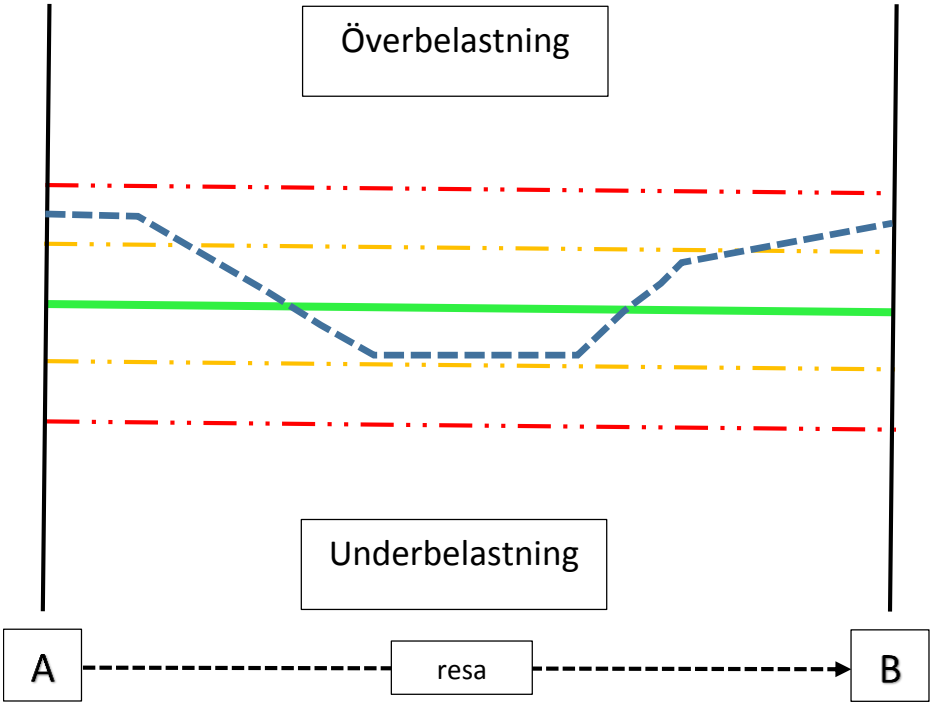
Flyg Airbus 340



1. FMS: Flight management system
2. TCAS: Traffic collision avoidance system
3. ASW: Airbus stall warning

Figur 8. Uppgiftsbeskrivning av att flyga en A340 flygplan mellan två punkter med olika tekniska system.

Figur 8 ovan beskriver en resa med flygplan från punkt A till B. Flygplanet, exempelvis en Airbus A340 är försedd med NDB – databas med information till färdplanen (*Nivå 0 – Ingen automatisering),* TCAS – antikollisionssystem *(Nivå 1 – Funktionsspecifik automatisering*), Anti-stall system *(Nivå 2 – Funktionskombinerad automatisering),* Autopilot *(Nivå 3 – Begränsad autonom körning/flygning).* Rent tekniskt skulle det vara möjligt att ha tekniska system på NHTSA nivå 4 (fullständigt autonom flygning) men sådana system används inte inom kommersiellt flyg. Flygplanets autopilot och andra tekniska system som TCAS (ett antikollisionssystem) och ASW (Airbus stall warning) kan flyga planet och landa själv i vissa situationer. Till och med i situationer där sikten på landningsbanan är för dålig för piloten att landa t.ex. ≥210 m (ILS CAT 3). Dessa system kan dock inte exempelvis göra en autonom undanmanöver för ett annat flygplan eller föremål i luften. Systemen kan dock upptäcka andra plan som bär TCAS identifikationssystem (om det är påslagen). Ansvaret ligger dock hos piloten att vidta nödvändiga åtgärder. Huvuddelen av belastningen för piloten ligger i början och i slutet på resan medan tid på marschhöjd främst består av systemövervakning.



Figur 9. En schematisk beskrivning av relationen mellan mental under-, och överbelastning utifrån en optimal prestationsnivå i luftfartstrafiken. Den gröna linjen i mitten representerar en optimerad prestandanivå medan de gula och röda linjerna representerar under-, respektive överbelastning. Den blåa linjen representerar en ungefärlig nivå av belastning i relation till tidslinjen på uppgiftsfiguren ovan.

Resan beskriven ovan med ett flygplan karaktäriseras av tekniska system som kan ta över väldigt stora delar av ”köruppgiften” och avlasta piloten. Början på resan föregås av intensiva förberedelser som snabbt efter lyftningen övergår från flygning till övervakning av systemen. En flygning kan vara i flera timmar med händelsefattiga övervakningar av ett komplext systemgränssnitt vilket kan öka risken för underbelastning och försämrad situationsuppfattning. Belastningen ökar igen vid själva landningen. Inom luftfart handlar tidsfönstret för befälet att reagera i generellt om minuter.

5.1.5. Sammanfattning och beskrivning av de största skillnaderna mellan trafikslagen

Det finns flera likheter och olikheter mellan trafikslagen. Genomgående kan man se att belastningen på föraren/människan är hög i början av resan. Anledningen till att det finns mycket fokus på den mentala belastningen är att den är den stora akilleshälen för människan. Likheterna börjar gå isär särskilt för järnvägstrafiken eftersom en lokförares köruppgift är huvudsakligen manuellt. Olikheter finns även för det normala tidsfönstret (se tabell 3 nedan) för operatören att reagera till signaler om t.ex. överlämnandet av fordonskontroll åter till operatören. Inom vägtrafiken handlar det om tiodels sekunder att reagera medan till sjös kan det handlar om minuter eller timmar. Inom luftfarten har man oftast många minuter på sig som pilot att agera/reagerar med tekniska system som påkallar uppmärksamhet eller yttre omständigheter (t.ex. vulkanaska).

Tabell 3. Tidsfönster för operatören att reagera till signaler om t.ex. överlämning av kontroll till operatören?

	Väg	Järnväg	Sjö	Flyg
1/10 sekund	X			
Sekunder		X		
Minuter				X
Timmer eller mer			X	

Ytterligare en generell trend är att i situationer eller omständigheter där de tekniska systemen tar över delar av köruppgiften, uppstår en reduktion eller avvikelse från en optimal belastning av operatören. Det ökar risken för underbelastning vilket är problematiskt främst för att operatören snabbt hamnar utanför loopen vad gäller händelseförloppet under färd. Detta försvårar ett kvalificerat och effektivt återtagande av kontroll över fordonet. Problemet accentueras vid kortare tidsfönster eftersom operatören har mindre tid på sig att förstå sin situation och ta beslut om de lämpligaste åtgärderna.

6. Diskussioner och slutsatser

Syftet med projektet var att ta fram ett underlag för hur Transportstyrelsen kan angripa problematiken med begränsningar i människans kognitiva förmåga och reglementen kring den snabba tekniska utvecklingen inom transportområdet. För att åstadkomma detta genomfördes tre delprojekt där syftet med den avslutande workshopen var att komplettera resultaten från de två föregående delprojekten. Syftet med det första delprojektet (*Inventering av processer och regelverk*) var att göra en inventering av processer och regelkrav i samband med införandet av nya tekniska system i operatörsmiljön i den civila yrkestrafiken inom vägtrafik, järnväg, sjöfart och luftfar,t medan syftet med det andra delprojektet *(Analys av de kognitiva förmågor som krävs)* var att beskriva på ett rudimentärt sätt de kognitiva förmågor som krävs vid användning av olika tekniska system.

Inventeringen av processer vid införandet av nya tekniska system i förarmiljön visar att utformningen av våra nationella föreskrifter (Transportstyrelsens författningssamling, TSFS) för samtliga fyra trafikslag i hög grad styrs av riktlinjer på europeisk och/eller internationell nivå. Inom järnväg är det från och med 2016 till och med de europeiska bestämmelserna som uteslutande kommer att gälla för att få bedriva tågtrafik på det svenska järnvägsnätet. Naturligtvis har Transportstyrelsen ändå möjlighet att påverka våra nationella föreskrifter såväl som regelverken på europeisk som internationell nivå men en stor del av arbetet måste då fokuseras på att få inflytande över beslut som fattas utanför Sveriges gränser.

Det är dock mycket viktigt att Transportstyrelsen utnyttjar denna möjlighet då inventeringen av regelkraven visar att de inom samtliga fyra trafikslag i dagsläget är övervägande detaljreglerade, även om man inom luftfarten kompletterar de detaljreglerade regelkraven med funktionsbaserade regelkrav genom obligatorisk användning av testpiloter. Även om detaljreglerade regelkrav ger hög säkerhet genom användandet av väl utprovat material och design, tar de inte hänsyn till operatörens kognitiva begränsningar eftersom de inte reglerar eller testar det interaktiva gränssnittet. Detta innebär att systemen i princip testas helt isolerade och inte i sina verkliga sammanhang där säkerheten även påverkas av operatörens kognitiva begränsningar.

En förutsättning för att kunna reglera och testa nya tekniska system i sitt sammanhang är dock att man har god kännedom om operatörens kognitiva begränsningar samt att man utvecklat tillförlitliga mätmetoder för att kunna testa att de krav nya tekniska system ställer på operatören tar hänsyn till dennes kognitiva begränsningar. Inom sjöfart har man påbörjat detta arbete genom att försöka koppla regelkrav till riskanalys men hur framgångsrik denna metod är återstår fortfarande att se. Inom luftfart använder man sig istället av testpiloter men även detta tillvägagångssätt har sina begränsningar då testpiloterna är speciellt utvalda och har betydligt större erfarenhet av nya tekniska system än vad den genomsnittliga piloten har.

Inventeringen av processer och regelkrav visar slutligen att det i dagsläget finns fordon på NTHSA:s tredje nivå (begränsad autonom körning) inom svensk järnväg, sjöfart och luftfart. Internationellt finns även fordon på NTHSA:s fjärde nivå (fullständig autonom körning) inom vägtrafik och järnväg. I vissa fall är dessa fordon dessutom helt förarlösa (exempelvis Google-bilen i USA och Yurikamome Monorail i Japan) men innan förarlösa fordon kan införas i Sverige måste Transportstyrelsen sannolikt utveckla frågorna kring ansvar (Arrias et al. 2014). Autonoma fordon (både NTHSA:s nivå 3 och 4) kommer förhoppningsvis att kunna hjälpa oss att uppnå några av de transportpolitiska målen genom ökad säkerhet, men bara om de autonoma systemen används när vi människor fungerar sämre än datorer (t.ex. långa monotona, händelselös körningar). Mänskliga fel och brister kommer dock inte att försvinna utan kommer att flyttas från den vassa änden av skalan (där föraren är ansvarig för kontroll av sina egna felhandlingar) till den trubbiga ändan (där kontrollen/ansvaret för felhandlingar ligger hos exempelvis organisationer och deras ledning eller tillverkare). Det finns en stor risk att dessa fordon inte kommer att få ett brett genomslag i transportsystemet så länge som operatören bär det yttersta ansvaret eftersom nyttan för operatören (exempelvis att kunna sova eller utföra andra arbetsuppgifter

under resans gång) uteblir. Regelverken inom samtliga fyra transportslag bör därför tydligt identifiera vilka krav som får ställas på operatören på olika nivåer av autonom körning. Detta skulle samtidigt tydliggöra begränsningar och ansvar för andra aktörer såsom försäkringsbolag och polismyndigheter.

En begräsning i samband med inventeringen av processer och regelverk är att det var svårt att identifiera personer med rätt kompetens, intresse och tid att delta i intervjuerna varför enbart sex personer intervjuades. Denna begränsning blev dessutom än tydligare i samband med workshopen där fyra (ingen med expertkompetens inom sjöfart eller luftfart) av 13 inbjudna personer valde att delta. Trots att intervjuerna kompletterats med skriftligt material finns därför en risk att viktiga aspekter av processer och regelverk i samband med införandet av nya tekniska system inte belysts.

Analysen av de kognitiva förmågor som krävs vid användning av olika tekniska system samt på olika nivåer av automatisering, visar genomgående att man kan se att belastningen på människan är hög i början av resan och låg i mitten på en resa (t.ex. landsvägen mellan två städer eller marschhöjden på en flygrutt). Likheterna går isär särskilt för järnvägstrafiken eftersom en lokförares köruppgift är huvudsakligen manuellt. Olikheter finns även för det normala tidsfönstret (se tabell 3) för operatören att reagera till signaler om t.ex. överlämnandet av fordonskontroll åter till operatören. Inom vägtrafiken handlar det om tiondels sekunder att reagera medan det till sjöss kan handla om minuter eller timmar. Inom luftfarten har man oftast många minuter på sig som pilot att agera/reagera med tekniska system som påkallar uppmärksamhet eller yttre omständigheter (t.ex. vulkanaska). Ytterligare en generell trend är att i situationer eller omständigheter där de tekniska systemen tar över delar av köruppgiften, uppstår en reduktion eller avvikelse från en optimal belastning av operatören. Det ökar risken för underbelastning vilket är problematiskt främst för att operatören snabbt hamnar utanför loopen vad gäller händelseförloppet under färd.

6.1. Rekommendationer

Transportstyrelsen har möjlighet att påverka våra nationella föreskrifter men en stor del av arbetet måsta fokuseras på att få inflytande över beslut som fattas utanför Sveriges gränser för alla trafikslag.

Det är viktigt att Transportstyrelsen utnyttjar denna möjlighet att komplettera de detaljreglerade regelkraven med funktionsbaserade regelkrav genom obligatorisk användning av testpiloter för alla trafikslag. Det är dock viktigt att man samtidigt utgår ifrån validerade utvärderingsmetoder där bedömningsmått utvecklas. Så kallade pass/fail-kriterium bör övervägas. För att bedömningskriterier (och mått) ska kunna fokusera på operatörens kognitiva förmåga, måste man också kartlägga den kognitiva belastningen för alla trafikslag och i olika ”typiska” typer av resor eftersom det är viktigt att ha ett solitt empiriskt referensläge som man som myndighet kan basera sina bedömningar på.

Trots människans begränsningar som operatör (förare, lokförare, sjökapten eller pilot) i dynamiska och komplexa miljöer så är människan också anledningen till att det finns så få olyckor som det ändå gör. Människan är således en tillgång och en väsentlig del i transportsystemet. Det som är avgörande är att de tekniska systemen stödjer människan när stöd behovs.

En fortsättning på denna utredning kan vara att inte studera processen (för införande av nya tekniska system) från ett myndighetsperspektiv, utan att studera processen från ett industriperspektiv. Detta beror på att det finns väldigt många standarder, föreskrifter, lagar och direktiv i teori men vilka av dem har praktisk betydelse för industri?

Referenser

Arrias, B., Elmqvist, A-L, Ferner Skymning, A., Larsson, P., Malmstig, J., Mörsell, A., Nilsson, N., Olars, H., Stenlund, O., Wärnfeldt, Y. & Öhgren, P. (2014). *Autonom körning – förstudie*. Transportstyrelsen rapportnummer TSG 2014-1316.

Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford, UK: Clarendon Press.

Baddeley, A. (1994). Working memory: The interface between memory and cognition. In D.L. Schacter & E. Tulving (Eds.), *Memory systems 1994*. London: MIT Press.

Ensor, J. (2015). Roadtesting Google's new driverless car. *The Telegraph*. Hämtad den 20 april 2015 från http://www.telegraph.co.uk/motoring/11382073/Roadtesting-Googles-new-driverless-car.html

Klauer, S.G., Dingus, T.A., Neale, V.L., Sudweeks, J.D., Ramsey, D.J., 2006. *The Impact of Driver Inattention on Near-Crash/Crash Risk: An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study Data (Report DOT HS 810 594).* Virginia Tech Transportation Institute, Blacksburg, Virginia, USA

Lützhöft, M (2005). Integreringsarbete på fartygsbryggan. VTI-notat 22-2005. Linköping: VTI

NHTSA (2012). Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices. Docket no. NHTSA-2010-0053. Washington: US Department of Transportation. Hämtad den 24 APR 2013 från http://www.distraction.gov/download/distracted_guidelines-FR_04232013.pdf

Patten, C.J.D., (2007). Cognitive workload and the driver. Doctoral thesis, Stockholm University. Stockholm, Sweden: Universitetsservice US-AB.

Patten, C.J.D., Kircher, A., Östlund, J., Nilsson, L., & Svenson, O. (2006). Driver experience and cognitive workload: A field study in different traffic environments. Accident Analysis and Prevention, 38, 887-894. DOI: 10.1016/j.aap.2006.02.014.

Rowling, J.K. (2007). *Harry Potter and the Deathly Hallows*. London: Bloomsbury Publishing.

Rumar, K., 1985. The role of perceptual and cognitive filters in observed behavior. In: Evans, L., Schwing, R.C. (Eds.), Human behavior and traffic safety. Plenum Press, New York, pp. 151–170.

Trafikverket (2015). *Unikt pilotprojekt med självkörande bilar på allmän väg*. Hämtad den 20 april 2015 från http://www.trafikverket.se/Aktuellt/Nyhetsarkiv/Nyhetsarkiv2/Nationellt/2013-12/Unikt-pilotprojekt-med-sjalvkorande-bilar-pa-allman-vag/

Treat, J.R., Tumbas, N.S., McDonald, S.T., Shinar, D., Hume, R.D., Mayer, R.E., Stansifer, R.L., & Castellan, N.J. (1979). *Tri-Level study on the causes of traffic accidents: Final Report, Volumes I and II.* U.S. DOT HS-805-086, (NTIS PB 80-121064).

Wickens, C.D., & Hollands, J.G. (2000). Engineering psychology and human performance (3rd Ed.). New Jersey, USA: Prentice Hall.

Young, M. S. & Stanton, N. A. (2002). Malleable Attentional Resources Theory: A new explanation for the effects of mental underload on performance. *Human Factors, 44 (3)*, 365-375.

Bilaga 1: Intervjuguide

Exempel på tekniska system på olika nivåer av automatisering inom vägtrafiken
(eftersom alla intervjudeltagare har personlig erfarenhet av vägtrafiken)

Nivå 0 – Ingen automatisering	GPS navigationssystem
Nivå 1 – Funktionsspecifik automatisering	FCW (longitudinellt varningssystem)
Nivå 2 – Funktionskombinerad automatisering	LKS (lateralt kontrollsystem)
Nivå 3 – Begränsad autonom körning	Volvobilarna i Drive-me projektet
Nivå 4 – Fullständigt autonom körning	Google-bilen som själv kör omkring i Nevada

Tekniska system

- Kan du ge exempel på tekniska system på de olika nivåerna av automatisering?

Processer och regelkrav

- Hur ser processen rent generellt ut vid införandet av nya tekniska system i fordons förarmiljö?
- Finns det en generell process eller är den specifik för respektive system?
- Vad driver processen? (marknaden, regler, politik på internationell/nationell nivå etc.?)
- Vem kontrollerar industrin (om de självreglerar)?
- Är det ett omfattande arbete? (hur lång tid tar det att få ett system infört? vilka aktörer är inblandade i arbetet?)
- Vilket var den senaste tekniken/det senaste tekniska systemet som infördes som var stödjande, varnande, ingripande respektive fullt automatiserat?
- Kan du beskriva processen i sin helhet vid införandet?

Detaljreglerade eller funktionsbaserade regelkrav

- Finns det ett generellt regelverk eller är det specifik (varje typ av ”pryl” har sin eget regelverk) för respektive system?
- Skulle du säga att det regelverk som idag finns vid införandet av nya tekniska system i förarmiljön utgörs av *detaljkrav* (krav hur systemet ska se ut/utformas i detalj) eller *funktionskrav* (målkrav som ska vara säkerställda, på vilket sätt är dock upp till tillverkaren/producenten)?
- Vilka tycker du är för- resp. nackdelarna med detaljkrav?
- Vilka tycker du är för- resp. nackdelarna med funktionskrav?
- Är regleringen internationellt eller nationellt styrd?

Krav på effekt och tillförlitlighet

- Vilka krav finns för att säkerställa att ny teknik/nya tekniska systemet:
  - ✓ har god effekt?
  - ✓ är tillförlitliga?
  - ✓ är anpassade efter användarnas kognitiva förmågor?
  - ✓ inte har några oönskade bieffekter så som negativ beteendeadaption?
- Vem är ansvarig för att säkerställa att dessa krav uppfylls?
- Vem är ansvarig för uppföljning/utvärdering efter införandet?

Automatisering

- Vilka eventuella risker kan du se med att föraruppgiften blir alltmer automatiserad?
- Vilka för resp. nackdelar tror du finns med föraren som:
  - ✓ övervakare?
  - ✓ aktiv förare?
- Tror du förarens kapacitet och upplevda stress som övervakare påverkas av:
  - ✓ aktivitetsgrad och i så fall hur?
  - ✓ möjlighet att ta över kontrollen och i så fall hur?
  - ✓ det juridiska ansvaret och i så fall hur?

Avslut

- Har du några funderingar kring hur Transportstyrelsen bör angripa problematiken med den snabba tekniska utvecklingen inom transportområdet?
- Har du några ytterligare kommentarer?

TACK FÖR HJÄLPEN!

www.vti.se

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.

HEAD OFFICE
LINKÖPING
SE-581 95 LINKÖPING
PHONE +46 (0)13-20 40 00

STOCKHOLM
BOX 55685
SE-102 15 STOCKHOLM
PHONE +46 (0)8-555 770 20

GOTHENBURG
BOX 8072
SE-402 78 GOTHENBURG
PHONE +46 (0)31-750 26 00

BORLÄNGE
BOX 920
SE-781 29 BORLÄNGE
PHONE +46 (0)243-44 68 60

LUND
Scheelevägen 2
SE-223 81 LUND
PHONE +46 (0)46-540 75 00

vti