

Förutsättningar för en avancerad körsimulator i Göteborg

Jonas Jansson
Pontus Matstoms
Staffan Nordmark
Håkan Sehammar

Förord

Rapporten redovisar en förstudie om tekniska och ekonomiska förutsättningar för en ny avancerad körsimulator på Lindholmen i Göteborg. Studien har finansierats av *Test Site Sweden* och genomförs av VTI under våren 2008.

Uppdragsgivarens kontaktperson har varit Peter Öhman och VTI:s projektledare har varit Håkan Sehammar.

Linköping maj 2008

Pontus Matstoms

Kvalitetsgranskning

Intern peer review har genomförts 29 maj 2008 av avdelningschef Marianne Grauers. Jonas Jansson har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Avdelningschef Pontus Matstoms har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering den 30 maj 2008.

Quality review

Internal peer review was performed on May 29, 2008 by Research director Marianne Grauers. Jonas Jansson has made alterations to the final manuscript of the report. Research director Pontus Matstoms examined and approved the report for publication on May 30, 2008.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Summary	7
1 Inledning	9
2 Körsimulatorer på VTI	10
3 Investeringsförslag	13
4 Teknisk utformning	14
4.1 Rörelsesystem	14
4.2 Kabinplattform	15
4.3 Bildsystem	15
4.4 Krav på lokalen	19
4.5 Rörelsesystemets elbehov	20
5 Projektering och genomförande	21
5.1 Ingående arbetsmoment	21
5.2 Tidplan	22
6 Investeringsbehov	24
7 Affärsplan	25
7.1 Finansiering	25
7.2 Kostnadsbudget	25
7.3 Intäkter och marknad	25
7.4 Stöd	27
8 Slutsatser	28

Förutsättningar för en avancerad körsimulator i Göteborg

av Jonas Jansson, Pontus Matstoms, Staffan Nordmark och Håkan Sehammar
VTI
581 95 Linköping

Sammanfattning

Körsimulatorer spelar en central roll för forskning och utveckling inom flera områden. Inom fordonsindustrin är simulatorer ett viktigt redskap för produktutveckling, ofta med fokus på HMI, aktiv säkerhet och fordonsdynamik.

Inom ramen för en förstudie, finansierad av *Test Site Sweden*, har VTI utrett förutsättningarna för att bygga och driva en avancerad körsimulator i Göteborg. Utgångspunkten har varit att simulatören ska vara av världsklass och kännetecknas av:

- möjlighet att skifta mellan lastbils- och personbils-kabin
- bildsystem som tillåter mer än 180° horisontell vy
- avancerat rörelsesystem, med goda mekaniska egenskaper, som tillåter stor linjär rörelse i x- och y-riktning, kombinerat med lutningar för simulering av långvariga accelerationer.

Rapporten visar att en simulator med dessa egenskaper kan byggas till en förhållandevis låg kostnad. Unikt för satsningen är möjligheten att kunna använda simulatören för både personbilar och tunga fordon. Det sistnämnda har också varit den största tekniska utmaningen.

Den föreslagna lösningen kräver ett relativt stort utrymme. Den fria golvytan måste vara omkring 15x15 meter och med en takhöjd på minst 8 meter. Lokalen måste ha stora industriportar för att kunna transportera in delarna som kommer som stora enheter. Förutsatt att höjdkravet kan uppfyllas är byggnad M2 på Lindholmen i Göteborg det främsta lokaliseringsalternativet.

Den föreslagna simulatören skulle ur teknisk synvinkel att bli ett komplement till framför allt den nyaste simulatören i Linköping (VTI III). Båda systemen har starka och svaga sidor, men eftersom dessa i stor utsträckning är komplementära ger de tillsammans Sverige ett komplett och heltäckande utbud av körsimulatorer med svårökt internationell motsvarighet. Närmast till hands ligger två odiskutabelt mera avancerade system, nämligen National Advanced Driving Simulator (NADS) i USA och Toyotas något större kopia av detta system. Dessa satsningar motsvarar dock var för sig en 40–60 gånger större investering än den nu föreslagna i Göteborg. Bakom dessa system finns en handfull simulatorer, som är svåra att rangordna inbördes eftersom systemen har olika starka och svaga sidor. Simulatorer hos Leeds University, Daimler-Benz, BMW, Ford, Renault, PSA och VTI är de mest kända exemplen och representerar i stort sett hela den internationella scenen. Den föreslagna simulatören i Göteborg kommer att i många avseenden hävda sig väl i detta kvalificerade sällskap och tillsammans med VTI Driving Simulator III i Linköping utgöra en mycket konkurrenskraftig resurs.

Simulatören kommer att baseras på ett kommersiellt tillgängligt rörelsesystem, bestående av ett X/Y-bord (linjär rörelse) och en hexapod. Samma system används för simulatören i Leeds. Den tyngre lastbils-kabinen gör dock att simulatören i Göteborg kräver en något kraftigare hexapod. Ovanpå rörelsesystemet konstrueras en kabinplattform som medger både personbils- eller lastbils-kabiner, och ett system som möjliggör förhållandevis

enkelt skifte av kabin. Kabinplattformen rymmer också ett ramverk för montering av simulatorns fem projektorer och lika många sammanfogade platta skärmar. Bildsystemet kommer med den konfigurationen att ge ett bildomfång på mer än 180 grader. Möjligheten att kunna köra simulatormed lastbils-kabin ställer krav på kraftig vidvinklighet hos projektorerna, vilket dock bedöms kunna uppfyllas av kommersiellt tillgängliga produkter.

Investeringskostnaden för den föreslagna simulatorm beräknas till cirka 13 miljoner kronor. Utgångspunkten är att VTI äger och driver anläggningen. Investeringen kommer då finansieras genom lån i Riksgälden. Med en avskrivningstid på tio år ger det en årlig kapitalkostnad (avskrivningar och räntor) på cirka två miljoner. Därtill kommer kostnader för lokalhyra och löpande drift. Den totala kostnaden för anläggningen (kapital, lokaler och drift) uppskattas till cirka fyra miljoner konor per år. Den kostnaden ska täckas genom hyresintäkter i samband med simulatoranvändning. Med antagen hyresnivå krävs en beläggning på cirka 125 dagar/år.

Från det att eventuellt beslut om investering fattas beräknas anläggningen kunna vara i drift efter cirka ett år.

A new advanced driving simulator in Gothenburg – An overview of technical and economic prerequisites

by Jonas Jansson, Pontus Matstoms, Staffan Nordmark and Håkan Sehnammar
VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute)
SE-581 95 Linköping Sweden

Summary

Driving simulators play an important role in many fields of research and development. In vehicle industry simulators are used as powerful tools for product development, often with focus on HMI, active safety and vehicle dynamics.

In a prestudie, financed by *Test Site Sweden*, VTI has investigated the possibilities to establish and run an advanced, world-class driving simulator in Gothenburg, characterized by:

- a possibility to use and shift between personal car and lorry cabins
- at least 180 degree horizontal view
- an advance moving base, with solid mechanical properties, allowing linear movements in x- and y-direction, combined with titling for the simulation of static acceleration.

The study shows that a simulator with these properties can be build to a relatively low cost. The most significant property of the proposed simulator is the possibility to shift between personal car and lorry cabin. This has also been the most difficult technical challenge.

The suggested solution requires a relatively large space. The floor area must be around 15 x 15 meters and the ceiling height at least 8 meters. The premises must have large gates in order to transport large parcels in and out of the facility. Provided that the requirement on the ceiling height can be meet, the M2 building at Lindholmen in Göteborg is primary localization alternative.

The suggested simulator would from a technical viewpoint be a complement to the newest simulator in Linköping (VTI III). Both systems have strengths and weaknesses which in many ways are complementary; together they will provide a complete driving simulator resource with scarce international correspondence. The nearest comparison would be the two undisputed most sophisticated driving simulators in the world, the National Advanced Driving Simulator (NADS) in the USA and Toyota's somewhat up scaled copy of that system. These two facilities, however, corresponds to a financial investment of 40-60 times the suggested Göteborg facility. Behind these two simulators there are a handful of advanced systems that are difficult to rank among themselves because of the fact that they have different strengths and weaknesses. Simulators at Leeds University, Daimler-Benz, BMW, Ford, Renault, PSA and VTI are the most well known and represent a large part of the international scene. The proposed simulator together with the VTI Driving Simulator III will qualify very well on the international scene and provide a very competitive resource.

The simulator will be based on a commercially available motion platform, composed of a X/Y-table (linear motion) and a hexapod (tilt motion). The same system is used by the Leeds simulator. However, the heavier truck cabin will require a more powerful hexapod. On the motion platform a cabin platform, facilitating the possibility to use

passenger vehicle cabins as well as truck cabins, will be fitted. The cabin platform will also be fitted with five projectors and projection screens. The visual system will be configured to facilitate a surround view of more than 180 degrees. The requirement to fit a truck cabin in a relative confined space requires projectors with a very wide angled lens; however, commercial systems on the market are likely to be able to fulfil these requirements. The investment cost for the proposed simulator is approximately 13 million Swedish kroner. The assumption is that VTI will own and maintain the facility. The investment will in this case be financed through a loan from the National Debt Office. With a write-off time of ten years the yearly capital cost (write-offs and interest) will be approximately two millions. In addition the maintenance and rental costs should be added. The total cost (capital, housing and maintenance) is estimated at four millions per year. This cost should be financed by simulator rent in connection to the use of the simulator in different projects. With the current assumption of the simulator rent level, the required number of days of usage is approximately 125 per year.

The facility is expected to be operational one year after the time of an investment decision.

1 Inledning

Avancerade körsimulatorer ger unika möjligheter för fordonsrelaterad produktutveckling och forskning inom flera områden. VTI har lång tradition inom utveckling och tillämpning av körsimulatorer, och har därigenom skaffat sig en internationellt respekterad position. Simulatorerna på VTI används idag i hög utsträckning för utredningar och forskning inom bland annat HMI-området¹, fordonsdynamik och vägutformning.

Simulatorverksamheten på VTI har allt sedan starten i slutet av 1970-talet varit koncentrerad till huvudkontorets lokaler i Linköping. Under senare år har dock etablering av en avancerad simulator på Lindholmen i Göteborg blivit alltmer intressant. Bakgrunden är flera ”pusselbitar” som på olika sätt bidrar till ökad (regional) efterfrågan på simulatorkapacitet, samtidigt som tillgången till simulatorkapacitet i sig även kan stimulera och attrahera verksamhet inom området.

Den enskilt viktigaste delen är tillkomsten av kompetenscentrat ViP². Centrat har en årlig omsättning på cirka 13 mkr och kommer, genom sin inriktning på utveckling och tillämpning av körsimulatorer, innebära stor efterfrågan på simulatortid. Vidare bedöms den satsning som nu görs inom trafiksäkerhet och särskilt HMI på Lindholmen ge underlag för utökad kapacitet. Vi ser även en potential för ökat samarbete med fordonsindustrin och att tillgången till en avancerad körsimulator i Göteborg skulle välkomnas. Därutöver bedöms möjligheter till ökat samarbete även med andra västsvenska aktörer vara goda.

Utgångspunkten för den nya körsimulatorn är att den ska ägas och förvaltas av VTI men göras tillgänglig inom ramen för *Test Site Sweden*. Det betyder att simulatorn blir en resurs och konkurrensfördel för parter även utanför VTI, t.ex. i planeringen av EU-projekt. Den ska bidra till att på flera plan stärka den nationella konkurrenskraften och vara ett verktyg för att i bred bemärkelse hävda svenska positioner inom forskning och utveckling. Etableringen skulle ge svensk fordonsindustri tillgång till en körsimulator av absolut världsklass.

I denna rapport presenteras en förstudie om etableringen på Lindholmen i Göteborg. Syftet med förstudien har varit att undersöka tekniska, lokalmässiga och ekonomiska förutsättningar för detta. Först ges en kort översikt över simulatorutvecklingen internationellt och på VTI. Därefter presenteras förslaget på en ny avancerad körsimulator, dess tekniska förutsättningar och en affärsmodell.

¹ HMI-området handlar här om samspelet/gränssnittet mellan människa (förare) och den tekniska omgivningen (fordonet, vägen etc.).

² ViP (*Virtual prototyping by simulation and assessment*) är ett Vinnova-finansierat kompetenscentra som startades våren 2008.

2 Körsimulatorer på VTI

VTI har mer än trettio års erfarenhet av fordonssimulatorer och har under denna tid legat i den tekniska utvecklingsfronten och varit en inspirationskälla för andra simulatorutvecklare, framför allt vad avser utvecklingen av de mest avancerade simulatorerna i såväl Europa som USA och Japan.

VTI I

Simulatorverksamheten startade redan 1977 då VTI fick bidrag av dåvarande STU (Styrelsen för Teknisk Utveckling) för att bygga en avancerad körsimulator. Efter att ha studerat den då enda existerande körsimulatorn i världen (VW) tog man beslut om teknisk utformning för den planerade simulatorn. Enligt VTI:s uppfattning behövde en körsimulator möjlighet till stora linjära accelerationer i planet och därför placerades simulatorn, som kunde lutas i olika riktningar, på en linjär bana. Detta möjliggör stora förflyttningar och accelerationer i sidled, som ligger nära verkligheten. Vidare användes främre delen av en riktig bil för att ge föraren en realistisk uppfattning om bilens position och placering på vägen. Det ansågs också nödvändigt med ett vidvinkligt bildsystem i färg och detta åstadkoms med färg-TV-projektorer av den absolut första generationen. VTI I skrotades 2004 då VTI krympte sin lokalyta. Man kan knappast överskatta betydelsen av erfarenheterna från den första simulatorn, som har påverkat utformningen av i stort sett alla avancerade körsimulatorer som därefter har konstruerats i världen.

VTI II

Runt 1990 konstruerade VTI, på uppdrag av TRYGG-HANSA, en simulator med i stort sett samma prestanda som VTI I med den skillnaden att innerutrymmet var så stort att man fick plats med en lastbilshytt och därmed en möjlighet simulera tunga fordonskombinationer. Efter finansiella bekymmer för försäkringsbolagen fick VTI överta simulatorn och denna betecknas numera VTI II och finns uppställd i den nuvarande simulatorhallen.

VTI III

Under senare hälften av 1990-talet påbörjade VTI utvecklingen av en ny simulator. Prestanda förbättrades och framför allt infördes möjligheten att vrida simulatorn och köra längs rälsen så att simulering av bromsförlopp kan genomföras på ett betydligt bättre sätt än tidigare. Tidigare hade VTI i stort sett använt relativt primitiva mekaniska element för att hålla kostnaderna nere men i VTI III köptes state-of-the-art teknik för att få den linjära rörelsen så mjuk och exakt som tekniken över huvud taget tillåter. Figur 1 visar en bild av VTI III med dess rörelsesystem. VTI III sattes i drift under 2004 och är idag kärnan i simulatorverksamheten på VTI.

Samma teknik för rörelsesystemet i VTI III hade tidigare utvecklats för den gigantiska körsimulatorn NADS (National Advanced Driving Simulator) i USA där det nya konceptet var ett stort X/Y-bord i botten med två vinkelräta linjära rörelser lagrade ovanpå varandra. Konstruktionen är oerhört komplicerad och dyrbar (runt 850 miljoner SEK).



Figur 1 Körsimulator (VTI III) i Linköping.

Tabell 1 ger en sammanställning över körsimulatorer i världen efter typ och tidpunkt då de togs i bruk. Simulatorer av klass A finns i många varianter på universitet, institut och industri. Ännu större är klassen av simulatorer helt utan rörelsesystem, som rätteligen skulle placeras längst till vänster. För klasserna B-F är tabellen förmodligen komplett och innehåller precis de simulatorer som finns eller har funnits. Simulatorerna i dessa klasser representerar avsevärda investeringar i intervallet 10–850 miljoner SEK (approximativt omräknat till dagens penningvärde). Man kan dock inte generellt säga att en simulator är ”bättre” och ”dyrare” ju längre åt höger den återfinns. Olika egenskaper har prioriterats i olika simulatorer.

VTI:s användare och utvecklare av simulatorsystemen står för en sammantaget unik kompetens och erfarenhet. Detta visar sig också i det internationella intresset för verksamheten inom området. Genom åren har flera japanska forskare på hög nivå valt att tillbringa sina ”sabbatical years” vid VTI och simulatorerna. Likaså har forskare från simulatorgruppen tillbringat en längre tid som gästprofessor vid Japans främsta universitet, Tokyo University. VTI markerar också en klar närvaro som medlemmar i vetenskapliga kommittéer inom simulatorteknik och närliggande områden. I flera fall har för de mest avancerade simulatorerna i sammanställningen ovan representanter från företagen valt att göra ”bench-marking” hos VTI för att fastställa nuvarande state-of-the-art.

Det kan nämnas att NISSAN gjorde en världsranking av befintliga system i början av 1990-talet grundat på omfattande internationella experiment och då placerades VTI I på första plats, framför andra mångdubbelt dyrare system.

Trots att denna kompetens finns i Sverige och trots att mycket forsknings- och utvecklingsarbete sker i anslutning till VTI:s simulatorer, framför allt inom ramen för olika EU-projekt, så finns det här en outnyttjad potential, som svensk fordonsindustri kan dra ytterligare nytta av.

Rörelse		Linjär	Linjär Kan vridas 90°	XY-bord	Stort XY- bord
Bild	Fast skärm	Dome m skärm	Dome m skärm	Dome m skärm	Dome m skärm
1984		Daimler- Benz	VTI I		
1989			Mazda		
1990			VTI II		
1994	Nissan		Toyota Daimler- Benz		
1999	Renault, RVI				
2000					NADS
2001		Ford			
2003		TRL			
2004				VTI III	Renault
2005		BMW			
2006					Leeds Toyota
2007					Peugot- Citroën
2009				Daimler- Benz	VTI- Gtbg

Tabell 1 Internationell sammanställning över körsimulatorer. I sammanställning är klasserna B-F förmodligen kompletta.

3 Investeringsförslag

Utgångspunkten är att inom ramen för en relativt begränsad budget bygga en unik körsimulator med prestanda och egenskaper av världsklass. Särskilt utmärkande för den föreslagna simulatoren är ett rörelsesystem som medger rörelse/acceleration i både X- och Y-riktning, en projektionsyta med omfång kring föraren som överstiger 180°, möjlighet att klara både lastbils- och personbilskabin, och relativt enkelt system för att kunna skifta mellan dessa.

Med dessa egenskaper skulle simulatoren alltså bli mycket avancerad och av en klass som bara överträffas av NADS och Toyotas stora körsimulator. Genom möjligheterna att skifta kabin blir den, räknat över alla kategorier, världsunik.

Förslaget innebär att simulatoren baseras på ett kommersiellt tillgängligt och förhållandevis prisvärt rörelsesystem. Rörelsesystemet, som är av samma typ som för simulatoren i Leeds, består av ett X/Y-bord och en hexapod. Överbyggnaden, med plats för kabiner och bildsystem samt bland annat påstigningsramp, kommer enligt förslaget att konstrueras och byggas av VTI. Figur 2 visar simulatoren i Leeds, och särskilt de längs- och tvärsgående delarna av rörelsesystemet samt hexapod-lösningen. I Leeds är kabin och bildsystem inkapslat i en dome – en lösning som inte kan användas i Göteborg eftersom det skulle hindra effektivt byte av kabiner.



Figur 2 Simulatoren i Leeds, av samma typ som den som föreslås i Göteborg. En viktig skillnad är dock att Göteborgs-simulatoren ska ha ett system för byte mellan personbils- och lastbils-kabin.

Rörelsesystemet är den del av simulatoren som används för att skapa kraftpåkänningar hos föraren. Syftet är att i största möjliga mån simulera rörelsen av longitudinella och laterala accelerationer, och även vibrationer motsvarande ojämnheter i vägbanan, så som de upplevs vid normal körning. Rörelsesystemet består av ett **X/Y-bord** som förflyttar kabinplattformen linjärt longitudinellt och lateralt, och en **hexapod** som kan röra plattformen i sex frihetsgrader (vridningar och translationer). Hexapoden används för att luta plattformen vid långvariga accelerationer men även för att generera vibrationer och skakningar.

I kommande avsnitt diskuteras den tekniska utformningen, krav på lokal, projektering och en plan för genomförandet. Därefter, i avsnitt 6–7, diskuteras ekonomin kring förslaget – investeringsvolym och affärsplan.

4 Teknisk utformning

4.1 Rörelsesystem

En förutsättning är att simulatoren ska baseras på ett rörelsesystem från extern leverantör. Bosch Rexroth har tidigare levererat sådana system till tre andra simulatorer, bland annat till den i Leeds. Systemen har dock varit av varierande utformning, främst när det gäller vilken vikt, så kallad *payload*, som systemet ska kunna hantera. Beroende på den *payload* som systemet är designat för, så finns olika dimensioner/storlekar på de delsystem som bygger upp simulatorns rörelsesystem. Detta gäller både hexapoden och X/Y-bordet, där det senare kan fås med olika arbetsområden.

Ytterligare en förutsättning för simulatoren är, som tidigare nämnts, att den ska kunna användas för både personbils- och lastbilssimuleringar. Den större vikten på en lastbilskabin innebär att man måste välja det system som är dimensionerat för en *payload* på 4 000 kg.

Det är rörelsesystemets dimensioner som ytterst bestämmer kraven på lokalen för körsimulatoren. Standardutformningen för 4 000 kg-systemet är ett arbetsområde på 7x7 meter, vilket i sin tur kräver en yta på cirka 15x15 meter. När man beräknar utrymmeskravet måste man dock även ta hänsyn till storleken på det system som monteras på hexapoden. Leverantören ger här kunden viss valfrihet. Givet den lokal som simulatoren ska stå i samt storleken på det system som kunden monterar på hexapoden, så kan leverantören beräkna maximala tillåtna dimensioner på rörelsesystemet. Till en viss gräns (ej känt hur noggrant) kan leverantören även anpassa systemet till givna dimensioner i X- och Y-led.

I höjddled är flexibiliteten mer begränsad. Eftersom rörelsesystemets utformning är given så kan simulatorns totalhöjd enbart påverkas genom modifiering av den del som monteras på hexapoden. Denna del består alltså av kabinplattformen och projektorupphängningar. Kravet på takhöjd med föreslagen utformning uppskattas till cirka 8 meter, se vidare i kommande avsnitt.

Rörelsesystemets jämnhet är en av de viktigaste faktorerna för att få en bra simulering. En av fördelarna med att använda en standardlösning från en extern leverantör är att man kan studera redan existerande system. I samband med studiebesök i Leeds konstaterades att kvaliteten på rörelsesystemet från Bosch Rexroth var mycket bra och uppfyller de krav som VTI ställer. Förutom den goda kvaliteten på rörelsesystemet så kändes den totala körupplevelsen, mycket tack vare linjärrörelse i både X- och Y-led, som mycket realistisk.

I samband med studiebesöket konstaterades vidare att ljudnivån i simulatorhallen var förhållandevis låg. Hela konstruktionen vad gäller rörelsesystemet upplevdes som ”snygg” och ”ren”. Den är kompakt men verkar ändå lättillgänglig när det gäller service. Intrycket från Leeds var att de hade positiva omdömen om leverantören av rörelsesystemet. Installationen, som leds av leverantören av rörelsesystemet, hade flutit på bra i Leeds. Efter att simulatoren tagits i drift har man haft två mindre problem med rörelsesystemet. I båda fallen har de kunnat åtgärdas lokalt med support från leverantören.

4.2 Kabinplattform

Leeds utnyttjar idag hela den tillgängliga plattformslasten (2 500 kg) i en mycket kompakt installation. Takhöjden uppmättes där till 7,5–8,0 m, där den lägsta höjden bestäms av balkarna i taket. Som framgår av bilden nedan är marginalerna små.



Figur 3 Rörelsesystem och dome för simulatoren i Leeds. Bilden visar relativt liten marginal mot den tillgängliga takhöjden på 7,5–8 meter.

Den kraftigare hexapod, som den nya simulatoren skulle baseras på, är högre än motsvarigheten i Leeds. En i övrigt identisk konstruktion skulle kräva uppemot åtta meters takhöjd. Eftersom den totala höjden för rörelsesystemet är given så är det enbart genom kabinplattformens konstruktion som systemets totala höjd kan påverkas. Plattformens konstruktion påverkas i sin tur av att den måste rymma en lastbils-kabin samt även av valet av projektorer. För att kunna ta fram en säker uppskattning på utrymmeskrav i höjddled måste konstruktionen av kabinplattform med tillhörande projektorupphängning först göras klar. Med utgångspunkt från då givna dimensionerna på det system som monteras på hexapoden kan leverantören ange höjdkravet (maximal höjd inom hexapodens rörelseområde). Sådana detaljerade beräkningar har det alltså inte funnits förutsättningar för i förstudien. Samtidigt har utrymmeskravet i höjddled kommit att framstå som det mest kritiska kravet på tänkt lokal.

Inom ramen för förstudien har en preliminär lösning på kabinplattformens konstruktion tagits fram. Kabinplattformens begränsning i höjddled och det faktum att plattformen ska rymma en lastbils-kabin begränsar valet av projektorer. I nedanstående avsnitt redovisas tänkbara projektorer och vilken bildmässig kvalitet de skulle ge.

4.3 Bildsystem

Olika projektorer kan ge olika upplösning på bilden. Tabell 1 sammanfattar de vanligaste värdena och motsvarande bildproportioner, alltså förhållande mellan bredd och höjd. Avgörande för resultatet i en simulator är hur projektorerna utnyttjas vad gäller siktvinklar och upplösningen från förarplats. Ett annat relevant kvalitetsmått, som

väger samman bildupplösning och bildens bredd, är upplösning per vinkelenhet. Se vidare rutan nedan.

Tabell 2 Exempel på bildupplösningar i projektorer.

Upplösning	$N_h \times N_v$	Aspect ratio	Anmärkning
XGA	1024 x 768	4:3 (1,33)	3 st i SIM II
SXGA	1280 x 1024	5:4 (1,25)	3 st i SIM III
720p	1280 x 720	16:9 (1,78)	
SXGA+	1400 x 1050	4:3 (1,33)	
1080p	1920 x 1080	16:9 (1,78)	
WUXGA	1920 x 1200	16:10 (1,6)	

Kvalitetsmått: Horisontell upplösning per grad

Antag att vi från lastbilens förarplats har en vertikal siktinkel α över horisonten och en siktinkel β under horisonten där vinklarna definieras av ögats position och vindrutans över- och underkant. För en skärm på avståndet R från förarens öga blir då bildens höjd h och bredd b under förutsättning att vi har en projektor med upplösningen N_h horisontellt och N_v vertikalt.

$$h = R(\tan \alpha + \tan \beta)$$

$$b = \frac{N_h}{N_v} R(\tan \alpha + \tan \beta)$$

Detta ger den vertikala siktinkeln α_v och den horisontella siktinkeln α_h .

$$\alpha_v = \alpha + \beta$$

$$\alpha_h = 2 \arctan \frac{b/2}{R} = 2 \arctan \left(\frac{2 N_h}{R N_v} [\tan \alpha + \tan \beta] \right)$$

Upplösningen horisontellt κ_h sett ur förarens synvinkel är då antalet pixel per vinkelenhet och uttryckas genom

$$\kappa_h = \frac{N_h}{\alpha_h}$$

och under förutsättning att $R > b$ kan detta (uttryckt i antal pixel per grad) användas som ett kvalitetsmått och för jämförelse mellan olika lösningar.

Möjligheten att köra simulatormed lastbilskabin ställer stora krav på projektorerna. För att undvika att strålgången skymms av kabinen, och ger skuggor på bildskärmarna framför föraren, måste projektorerna vara extremt vidvinkliga. Detta gäller främst de två högra projektorerna. Extrem vidvinklighet medför dock kraftig geometrisk distorsion i det fall att bilden projiceras på en krökt yta (cylindrisk eller sfärisk). Detta kan eventuellt kompenseras digitalt med speciell elektronik (3D-perception) men leder då samtidigt till höga merkostnader. Avsikten är därför att använda plana skärmar.

Sammantaget kan man ställa upp följande tekniska önskemål på projektorerna:

- *Throw ratio* (bildbredd/vinkelrätt projektoravstånd) <1 , dvs. projektoravståndet överstiger bildbredden. Detta geometriska krav behövs för att undvika att lastbilshytten skuggar strålgången mellan projektor och skärm
- *Image offset ratio* (%) >100 %. För att projektionen skall komma tillräckligt långt ned dvs. så att man inte ser nederkanten på bilden från förarplatsen
- *Aspect ratio* 5:4 eller 4:3 (förhållande mellan bredd och höjd). Större värden ger visserligen bredare bild men färre bilder och därmed olämpligt stora vinklar mellan de plana skärmarna
- Hög upplösning; helst SXGA
- DLP-teknik snarare än LCD, eftersom DLP erbjuder bättre kontrast, svärta och mindre "colour smearing" (DLP, LCD, CRT är de grundtekniker som används i projektorer).

Av geometriskäl är de två första punkterna absolut nödvändiga att uppfylla. En genomgång av marknaden visar att ytterst få projektorer uppfyller dessa krav. Under senare tid har det dock kommit en ny typ av projektorer som egentligen är avsedda för presentationer i små och trånga lokaler. De klarar alla punkter utom möjligen upplösningen som är begränsad till XGA. Det ska också sägas att ljusstyrkan är relativt begränsad.

De två alternativ på projektorer som framkommit är

- BenQ MP771
- NEC WT615

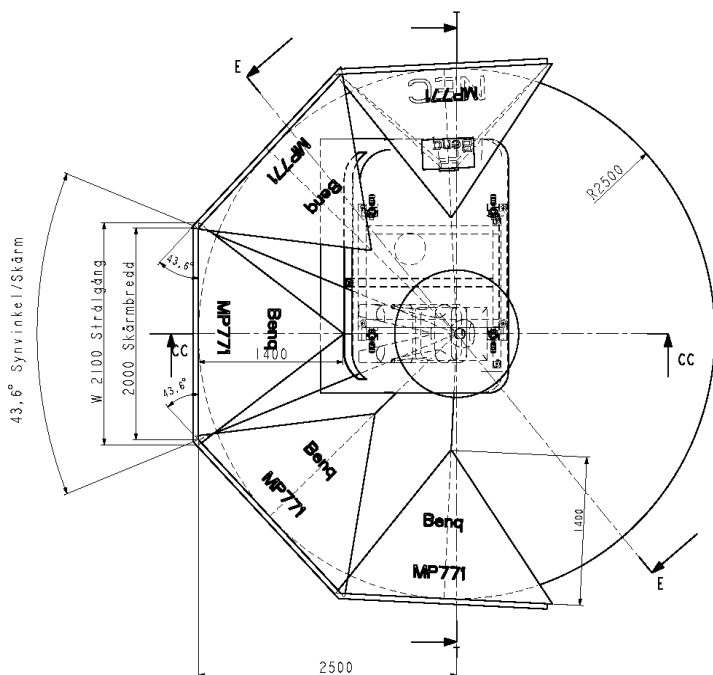
BenQ MP771 arbetar med extremt vidvinklig, konventionell optik medan NEC WT615 åstadkommer vidvinkligheten med en speciellt utformad spegel. Det krävs praktiska tester för att se om dessa kommersiellt tillgängliga projektorer är användbara eller om det finns problem som inte framgår direkt av den tekniska beskrivningen.

Med den mycket vidvinkliga projektorn BenQ MP771 ser det ut som att kraven på den geometriska strålgången är uppfyllda. Frågan är då hur den sämre upplösningen XGA kommer att fungera jämfört med vad vi tidigare har sett. Tabell 3 jämför egenskaperna för Ben Q MP771 med projektorerna i några andra körsimulatorer, bland annat VTI:s två simulatorer i Linköping. Av tabellen att döma skulle den föreslagna lösningen ge acceptabel upplösning (pixel/grad), något sämre än simulatorerna i Linköping, NADS och Ford Virtex men bättre än Leeds.

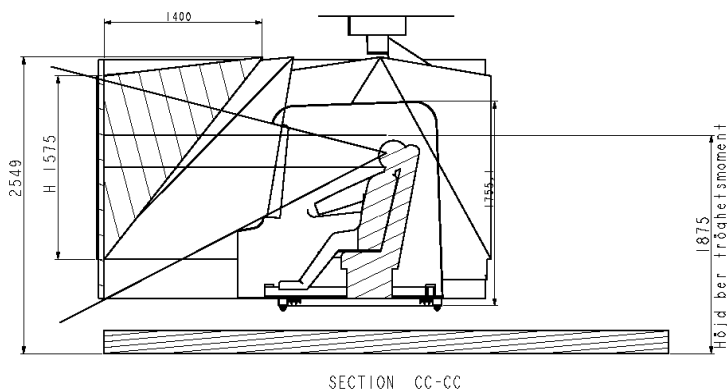
Tabell 3 Sammanställning över bildupplösning för några körsimulatorer. Upplösningen mäts här i pixlar (bildpunkter) per grad i horisontell ledd.

Simulator	Projektor	Upplösning	α_h ($^{\circ}$)	κ_h (pixel/ $^{\circ}$)
VTI Sim II		XGA	40	25,6
VTI Sim III	PD F1	SXGA	42	30,5
Gbg Sim Benq	BenQ MP771	XGA	43,6	23,5
Ford Virtex	?	1600x1200	60	26,7
Leeds	3D-perception	XGA	45 (vertikalt)	15 - 17
NADS	Barco	1600 x 1200	52	30,7

Nedanstående skisser visar schematiskt hur den tänkta projektorplaceringen ska ge en stor horisontell siktinkel ($>180^{\circ}$).



Figur 4 Projektorplaceringen ger stor horisontell siktinkel.



Figur 5 Projektorplacering och sikt med lastbils-kabin.

4.4 Krav på lokalen

Körsimulatorens, med föreslaget rörelsesystemet, ställer stora krav på lokalen. Som tidigare nämnts så finns viss flexibilitet när det gäller kravet på yta i X- och Y-led. *Figur 6* visar den tänkta lokalen³ samt det område som skulle tas i anspråk för simulatorns rörelsesystem (markerat med en röd rektangel). Dimensionerna på detta område är cirka 14,5x17 meter och begränsas av pelare i lokalen. Med utgångspunkt från detta tillgängliga utrymme, kan leverantören av rörelsesystemet beräkna maximala slaglängder i X- och Y-led då konstruktionen av kabinplattformen är klar.

I Leeds är förarkabinen innesluten i en dome. För att på ett effektivt sätt kunna byta kabiner kommer den konstruktionen dock inte användas i Göteborg. Det blir istället en öppen konstruktion vilket, för att undvika oönskat ljusinsläpp, kräver att lokalen kan mörkläggas under en körning.

Eftersom det ska vara möjligt att skifta mellan olika fordonskarosser, både personbil och lastbil, krävs vidare förvaringsutrymmen för de som för tillfället inte används.

För att bestämma minsta tillåtna takhöjd krävs, som tidigare nämnts, beräkningar utifrån den exakta utformningen av kabinplattformen. En uppskattning pekar dock på att det krävs en takhöjd på åtminstone 7,5–8 meter.

Golvet måste vara en armerad, minst 300 mm tjock betongplatta. Exakta krav på golvet kommer att tillhandahållas av leverantören. Dessa uppgifter finns för närvarande inte eftersom 4 000-kg-systemet är under konstruktion.

Därutöver krävs kontorsplatser samt operatörsplats med god tillgänglighet till och uppsyn över körsimulatorens, och utrymmen för att kunna ta emot försökspersoner och även för eventuellt förberedande arbete. Vissa försök kan t.ex. innebära att försökspersonen ska utrustas med givare för fysiologiska mätningar.

³ Del av byggnad M2 på Lindholmen i Göteborg.

5 Projektering och genomförande

En central fråga är hur lång tid som krävs för projektering och genomförande från det att eventuellt beslut om investeringen fattats. Det handlar om flera moment som kan ta relativt lång tid att genomföra men som delvis också kan genomföras parallellt. I detta avsnitt redovisas de viktigaste arbetsmomenten och en grov tidplan.

5.1 Ingående arbetsmoment

Upphandling rörelsesystem

Den höga kostnadsnivån på rörelsesystemet gör att upphandlingen formellt måste annonseras den europeiska i publikationen *Official Journal*. Annonsering ska ske under cirka 50 dagar. Av de anbud som uppfyller kravspecifikationen skall det ekonomiskt mest fördelaktiga antas. Kriterier för det mest ekonomiska anbudet omfattar bland annat pris, driftskostnader, kvalitet, tekniska egenskaper, service och tekniskt stöd. I upphandlingen ska VTI ange uppställda krav och gärna även en rangordning av dessa så att de mest angelägna anges först. Detta innebär att ett kravdokument måste tas fram vad gäller främst kvalitet och tekniska egenskaper för rörelsesystemet, vilket dock kan påbörjas innan formellt investeringsbeslut.

Upphandling datorer och projektorer

Datorer och projektorer köps i möjligaste mån inom ramen för statliga ramavtal.

Iordningställande av lokal

Avsikten är att VTI ska hyra lokal för körsimulatorn. Hyresvärden antas ansvara för iordningställande av lokalen utifrån angivna krav och önskemål. Här krävs dock ett nära samarbete mellan VTI och hyresvärden. Exempel på krav som måste tillgodoses är kvaliteten på golvet, tillgång till nödvändig elektrisk effekt och tillgång till effektiv ventilation. För detta arbete måste VTI specificera exakta behov och även önskemål beträffande operatörsplatser, förvaringsutrymme för kabiner etc.

Installation av rörelsesystem

Rörelsesystemet monteras på plats av leverantören. Under hela arbetet är det dock viktigt och nödvändigt att VTI-personal finns närvarande. Gemensam kabeldragning för rörelsesystem och övrigt kommer att ske i detta moment. Det avslutas med ett systemtest där rörelsesystemet körs med en ”dummy-massa” motsvarande den kabinplattform som senare kommer att monteras på hexapoden. Här ges tillfälle att utvärdera de krav som ställdes i upphandlingen. Det innebär att VTI bör ha tagit fram lämpliga testsekvenser som är redo att köras i detta läge samt ett system för att kommunicera styrkommandon till rörelsesystemet.

Konstruktion och tillverkning av kabinplattform

VTI ansvarar för konstruktionen och tillverkning av kabinplattformen. Denna består av en golvyta som kabinen monteras på, projektytan för grafiken samt den ramkonstruktion som bl.a. är till för projektorupphängningen. Kraven på kabinplattformens

konstruktion är stora då den ska vara så lätt som möjligt men styv nog för att inte införa låga resonansfrekvenser i systemet. Konstruktionen av plattformen påverkas också till stor del av att den ska möjliggöra kabinbyte samt av tidigare beskrivna krav kring projektorer och projektorplacering.

Installation av kabinplattform och kabin

VTI ansvarar för installation av kabinplattformen. Detta är ett krävande arbetsmoment då minsta arbetshöjd under denna fas endast är tre meter. En viktig del här är att garantera säkerheten under arbetet. För arbetet krävs bland annat tillgång till en lyftanordning samt en byggnadsställning runt hexapoden.

Integrationsarbete/driftsättning

Integration av systemets olika delar och driftsättning omfattar ett flertal moment:

- Driftsättning grafikdatorer
- Inställning/kalibrering av projektorer
- Driftsättning kabinhårdvara
- Driftsättning kabindator (xPC)
- Driftsättning ljudsystem
- Driftsättning huvuddator
- Driftsättning nätverkskommunikation
- Driftsättning övrig kringutrustning.

Anpassning av fordonskabin

Mekanisk och signalmässig anpassning av fordonskabiner till simulatormiljön är erfarenhetsmässigt ett relativt omfattande arbete. VTI har dock sedan tidigare erfarenhet av detta. Signalanpassningen är, med tanke på hur ett modernt fordon är uppbyggt med ett flertal styrenheter som kommunicerar via databussar, krävande och förutsätter samarbete med fordonstillverkaren av aktuell kabin.

5.2 Tidplan

Tiden från det att eventuellt beslut fattas till anläggningen tas i drift beräknas till cirka ett år. Tabellen nedan redogör för tidsåtgång för de huvudsakliga arbetsmomenten.

Tabell 4 Översiktlig tidsplan, räknat från investeringsbeslut.

Tid från start (dagar)	Arbetsmoment
1-14	Iordningställande av kravdokument för upphandling
15-55	Upphandling
56-235	Leverans av rörelsesystem, projektorer, datorer och annan hårdvara.
	Konstruktion av kabinplattform
	Anpassning av kabin till plattform
	Byggnation av lastbils-kabin (förutsatt att denna har finansiering)
	Iordningställande av lokal
236-266	Installation av rörelsesystem
	Acceptansprovning
267-357	Installation plattform, kabin, datorer, projektorer m.m.
	Slutprovning och drifttagande

6 Investeringsbehov

Investeringskostnaden uppskattas till knappt 13 mkr, fördelat på kostnadsposter enligt tabellen nedan.

Tabell 5 Uppskattad investeringskostnad för föreslagen körimulator.

Beskrivning	Kostnad (tkr)	Kommentar
Rörelsesystem (Rexroth XY + hexapod)	6 000	Uppskattning, baseras ej på offert
Konstruktion och ritningsunderlag	400	
Kabin	300	Flyttad Volvo 850-kabin, ingen lastbils-kabin
Dome/plattform	3 000	
Karossbytessystem	1 000	Viktigt med ett bra system eftersom konstruktionen är relativt hög. Undvik risk för arbets-skador vid karossbyte. VTI-internt arbete
Plattform för påstrigning, skyddsvägg etc	1 000	
Datorer	400	
Övriga datorkostnader	220	UPS, switch, KVM etc
Projektorer	125	
Bildskärmar	100	
Mjukvara	100	Ljudsimulator
Övriga kostnader	110	
SUMMA	12 755	

Beloppet ska tolkas som ett realistiskt men slimmat förslag. Det innebär t.ex. att kabiner, som erfarenhetsmässigt är mycket kostsamma, inte ingår. Förslaget innebär istället att en äldre personbils-kabin som använts i Linköping tas i bruk samt att lastbils-kabin initialt inte kan erbjudas. Detta förutsatt att kabiner inte ordnas på annat sätt. För övrigt innebär kalkylen att en del övrig utrustning och programvara skjuts på framtiden.

Observera att kostnadskalkylen baseras på uppskattade kostnader och erfarenheter från Leeds men därmed inte på formella anbud från externa leverantörer.

Rörelsesystemet, som är den enskilt största delen, köps direkt från leverantör. Utöver mindre poster, främst datorutrustning, projektorer och skärmar, består sedan återstående del av VTI-internt arbete från verkstad och mättekniker.

Förutsatt att antagna kostnader stämmer för de delar som köps utifrån, återstår alltså en osäkerhet i kostnaden för VTI-internt arbete. Av hela kostnaden står denna del för cirka 5,3 mkr. I denna del ligger dock en viss osäkerhet som beror på att konstruktionen delvis inte är klar samt att tidsåtgången för installation av rörelsesystemet och acceptansprovning är osäker. Om den totala osäkerheten i uppskattning av kostnaden för VTI-internt arbete antas vara som mest 100 %, dvs. att den i värsta fall kan bli dubbelt så stor, så kommer investeringen i sin helhet istället uppgå till 18,1 mkr ("worst case").

7 Affärsplan

7.1 Finansiering

Utgångspunkten och huvudalternativet är att simulatorinvesteringen finansieras av VTI genom lån i Riksgälden. Det leder till räntor och avskrivningskostnader enligt tidigare beskriven modell.

7.2 Kostnadsbudget

Simulatorverksamheten har fasta kostnader som något förenklat kan delas in i tre kategorier:

- avskrivning och räntor
- lokalhyra
- övriga driftskostnader.

Den totala driftskostnaden för den nya simulatorm, enligt denna modell, uppskattas i tabellen nedan. Vi har där räknat på två alternativ, dels investeringskostnad enligt gällande kostnadsuppskattning och dels enligt "worst case"-alternativet. I det senare fallet antas kostnaderna för VTI:s interna arbete bli dubbelt så höga som förväntat.

Tabell 6 Driftskostnader för Göteborgs-simulatorm baserat dels på gällande kostnadsuppskattning och dels baserat på "worst case"-alternativet.

Beskrivning	Belopp (tkr)	
	Budget	"Worst case"
Investeringskostnad	12 755	18 055
Avskrivningar och räntor	1 559	2 207
Lokalhyra	720	720
Övrigt drift, varav ...	900	900
Personaltid 700		
Övrigt 200		
SUMMA	3 179	3 827

Kostnaderna för avskrivningar och räntor är direkt beroende av investeringskostnaden. Här antas att simulatorm finansieras av VTI genom lån i Riksgälden. Lokalhyran baseras på en lokalyta på 400 m² och en hyresnivå på 1 800 kr/m² och år. För övrig drift bygger kalkylen på en halvtidstjänst, vilket är väsentligt lägre än driften i Linköping. Förklaringen ligger till stor del i samordnad drift mellan Linköping och Göteborg. Systemutveckling som genomförs på ena stället kommer även det andra till godo.

Som framgår av tabellen förväntas den årliga driftskostnaden uppgå till cirka 3,5 mkr, vilket måste tas in genom hyresintäkter för simulatoranvändning.

7.3 Intäkter och marknad

Vid användning av den modernaste körsimulatorm i Linköping (VTI III) debiteras en hyra på för närvarande 30 000 kronor/dag. En genomgång av hyresnivåer hos några konkurrenter visar att det är en rimlig nivå och att det även finns möjlighet till en

mindre höjning. Med utgångspunkt från detta resonemang antas Göteborgssimulatorens hyra på 35 000 kronor/dag. Det ger, med en kostnadsnivå på 4 miljoner per år, ett beläggningskrav på knappt 125 dagar/år. Den antagna kostnadsnivån bygger här på den högre investeringskostnaden (worst case) i föregående avsnitt och viss ytterligare säkerhetsmarginal. Motsvarande kalkyl baserat på den lägre investeringskostnaden och utan säkerhetsmarginal ger istället drygt nittio dagar.

Beslut om eventuell investering i en ny körsimulator fattas av VTI:s styrelse och baseras på kostnader, förväntade intäkter och bedömda risker. Investeringskostnaden och den totala driftskostnaden har uppskattats i tidigare avsnitt. För bedömning av efterfrågan på simulatortid kan Göteborgs-simulatorens antingen värderas för sig eller som en förstärkning av VTI:s totala simulatorverksamhet. I det senare fallet skall den sammanlagda efterfrågan i Linköping och Göteborg bedömas tillsammans med de möjligheter till överflyttningar av uppdrag som två lokaliseringar innebär. Vi väljer dock istället att bedöma marknaden för Göteborgs-simulatorens separat. En förutsättning är då att verksamheten i Linköping går runt, dvs. att hyresintäkterna ligger i nivå med de fasta driftskostnaderna. Vi antar vidare att den efterfrågan som skisseras för Göteborg är ett *nettotillskott*, och att det inte handlar om uppdrag som idag genomförs i Linköping. I verkligheten kan det sedan naturligtvis bli så, att uppdrag som i marknadsbedömning räknas till Göteborg kan genomföras i Linköping och vice versa.

Vid bedömning av intäkter och marknad ser vi efterfrågan från tre viktiga områden:

- Kompetenscentrat ViP
- Fordonsindustrin (utöver ViP)
- Övriga aktörer.

Förhandlingen med fordonsindustrin inför bildandet av kompetenscentrat ViP innebär ett åtagande för VTI att tillhandha en körsimulator i Göteborg. Projektet inom ramen för ViP är därmed också det enskilt viktigaste underlaget för simulatorens verksamhet. ViP har en årlig volym på 13 mkr, fördelat på 7 mkr i kontanta medel (genom bidrag från Vinnova och parterna) och 6 mkr i naturinsatser. Eftersom ViP till sin inriktning handlar om just utveckling och tillämpning av simulatorer, så är det rimligt att en relativt stor andel av resurserna går till simulatoranvändning. Vi uppskattar den årliga volymen till 2,5–3 mkr i hyresintäkter. I stort sett hela den volymen måste ses som ett nettotillskott och därmed en typ av uppdrag som idag inte genomförs på VTI. ViP kommer alltså att ge en bas för beläggningskravet i Göteborg.

Fordonsindustrin har även utanför ViP-området stort behov av simulatorer. Idag används till stor del simulatorer utanför Sverige, i Frankrike och USA. Tillgång till en avancerad simulator i Göteborg bör vara strategiskt intressant för att säkra fordons-teknisk kompetens och utveckling i Sverige.

Därutöver ser vi stor potential för samarbete med flera aktörer med närvaro på eller närhet till Lindholmen. En viktig utgångspunkt för beläggning av den nya simulatorens är att den även utanför VTI uppfattas som en tillgänglig resurs och konkurrensfördel vid forskningsansökningar, bland annat inom EU. Simulatorens ska på det sättet kunna användas i projekt där VTI inte ingår. VTI:s roll begränsas då till att som underkonsult eventuellt bistå vid simulatorförsöken. Vi ser här samarbetsmöjligheter med än flera aktörer inom trafiksäkerhet, HMI eller fordonsrelaterad forskning, bland annat Volvo Technology, SAFER, Chalmers och norska TØI.

7.4 Stöd

Beslut om simulatorinvesteringen fattas, som tidigare nämnts, utifrån en bedömning av kostnader, intäkter och risker. Det är utifrån den utgångspunkten viktigt att undersöka hur externa parter kan bidra till att stärka ekonomin och minska riskerna för att därigenom möjliggöra att en avancerad simulator kan byggas i Göteborg. Vi ser framför allt möjligheter inom tre områden:

- **investeringsstöd:** i) fordonsindustrin kan tillhandahålla **personbils- och lastbils-kabin**, ii) övrigt stöd från Vinnova eller stiftelser
- **subventionerad lokalhyra** genom Test Site Sweden eller Lindholmen Science Park
- **garanterad beläggning** från ViP, fordonsindustrin och andra aktörer.

8 Slutsatser

Rapporten visar att en mycket avancerad körsimulator med en unik möjlighet att skifta mellan personbils- och lastbils-kabin kan byggas till en förhållandevis rimlig kostnad. Genom dess placering på Lindholmen i Göteborg skulle en lång rad regionala aktörer få tillgång och närhet till en simulator av världsklass.

Simulatorn ska ägas och förvaltas av VTI men göras tillgänglig genom *Test Site Sweden*. Det betyder att simulatorn blir en resurs och konkurrensfördel för parter även utanför VTI, t.ex. i planeringen av EU-projekt. Den ska på det sättet också bidra till att på flera plan stärka den nationella konkurrenskraften och vara ett verktyg för att i bred bemärkelse hävda svenska positioner inom forskning och utveckling.

En förutsättning för investeringen är att berörda parter tillsammans kan ge underlag för långsiktig beläggning av simulatorn. Under förutsättning att den presenterade investeringskalkylen och gjorda antaganden om driftskostnader håller krävs, vid en hyresnivå på 35 000 kronor/dag, en beläggning på uppemot 125 dagar. Med tanke på förväntad efterfrågan inom kompetenscentrat ViP och hos andra aktörer bedöms detta som rimligt. Beslut om investeringen, som fattas av VTI:s styrelse, underlättas dock om antaganden om beläggning kan bekräftas, och att det företrädevis sker genom faktiska åtaganden och garantier.

Det ska också understrykas att den presenterade investeringskalkylen innebär att nya kabiner för personbil och lastbil tas fram separat i samarbete med fordonsindustrin.

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut som arbetar med forskning och utveckling inom transportsektorn. Vi arbetar med samtliga trafikslag och kärnkompetensen finns inom områdena säkerhet, ekonomi, miljö, trafik- och transportanalys, beteende och samspel mellan människa-fordon-transportssystem samt inom vägkonstruktion, drift och underhåll. VTI är världsledande inom ett flertal områden, till exempel simulatorteknik. VTI har tjänster som sträcker sig från förstudier, oberoende kvalificerade utredningar och expertutlåtanden till projektledning samt forskning och utveckling. Vår tekniska utrustning består bland annat av körsimulatorer för väg- och järnvägstrafik, väglaboratorium, däckprovsningsanläggning, krockbanor och mycket mer. Vi kan även erbjuda ett brett utbud av kurser och seminarier inom transportområdet.

VTI is an independent, internationally outstanding research institute which is engaged on research and development in the transport sector. Our work covers all modes, and our core competence is in the fields of safety, economy, environment, traffic and transport analysis, behaviour and the man-vehicle-transport system interaction, and in road design, operation and maintenance. VTI is a world leader in several areas, for instance in simulator technology. VTI provides services ranging from preliminary studies, highlevel independent investigations and expert statements to project management, research and development. Our technical equipment includes driving simulators for road and rail traffic, a road laboratory, a tyre testing facility, crash tracks and a lot more. We can also offer a broad selection of courses and seminars in the field of transport.



HUVUDKONTOR/HEAD OFFICE

LINKÖPING

POST/MAIL SE-581 95 LINKÖPING

TEL +46 (0)13 20 40 00

www.vti.se

BORLÄNGE

POST/MAIL BOX 760

SE-781 27 BORLÄNGE

TEL +46 (0)243 446 860

STOCKHOLM

POST/MAIL BOX 55685

SE-102 15 STOCKHOLM

TEL +46 (0)8 555 770 20

GÖTEBORG

POST/MAIL BOX 8077

SE-402 78 GÖTEBORG

TEL +46 (0)31 750 26 00