

Innovativa kollektiva trafiksystem

Kunskapsöversikt



Ingmar Andréasson

TITEL (svensk)
Innovativa kollektiva trafiksystem
TITLE (English)
Innovative Transit Systems
FÖRFATTARE/AUTHOR
Andréasson Ingmar
SERIE/SERIES
KFB-rapport 2000:69

ISBN 91-89511-24-7
ISSN 1104-2621
PUBLICERINGSDATUM/DATE PUBLISHED
2000 12
UTGIVARE/PUBLISHER
KFB – Kommunikationsforskningsberedningen,
Stockholm
KFBs DNR 1999-0229

REFERAT (Syfte, Metod, Resultat)

Föreliggande rapport är en kunskapsöversikt över innovativa system för kollektiv trafik. De satsningar som hittills gjort på förbättringar av kollektiv trafik har inte varit tillräckliga för att bryta trenden av ökande biltrafik och minskande kollektivt resande. Rapporten syftar till att lyfta fram idéer och lösningar som erbjuder många av bilens fördelar utan att medföra dess nackdelar. Rapporten ger en inventering av småskaliga transportsystem som erbjuder direkt resa utan väntetider, byten eller uppehåll under resan. Jag lyfter fram några typiska representanter för olika principlösningar utan anspråk på fullständighet. Perspektivet är resenärens och planerarens snarare än ingenjörens. De olika systemen jämförs och värderas och slutligen diskuteras var de olika systemen kommer bäst till sin rätt.

Sju bansystem bedöms som särskilt intressanta. Med de förslagna lösningarna bedöms upp till 25 % av dagens bilresenärer frivilligt lämna bilen för att resa kollektivt.

Det finns flera lämpliga tillämpningsområden av de nya systemen i Skandinavien. Utvecklingen av de innovativa systemen ligger väl till för svenskt kunnande och svensk industri.

ABSTRACT (Aim, Method, Results)

This report is a knowledge survey of innovative transit systems. The improvements that have been made to transit so far have not been successful in breaking the trend of increasing car traffic and decreasing transit trip-making. This report aims at highlighting ideas and solutions offering many of the advantages of private cars while avoiding its drawbacks.

This report gives an inventory of small-scale transit systems offering direct trips without waiting, transferring or unnecessary stopping en-route. Some representatives for various principle solutions are highlighted without claims on being exhaustive. The perspective is that of the traveler and planner rather than that of an engineer. The various systems are compared and evaluated and we finally discuss where each system is the most suitable.

Seven guide-way systems are deemed as particularly relevant. With the proposed solutions it is estimated that up to 25 % of today's car travelers would voluntarily leave the car to go by transit. There are several suitable application areas for the new systems in Scandinavia. The development of innovative transit systems is well suited for Swedish know-how and Swedish industry.

I Kommunikationsforskningsberedningens – KFB – publikationsserier redovisar forskare sina projekt. Publiceringen innebär inte att KFB tar ställning till framförda åsikter, slutsatser och resultat.

KFB-rapporter försäljs genom Fritzes Offentliga Publikationer, 106 47 Stockholm. Tel: 08-690 91 90, fax: 08-690 91 91, e-post: fritzes.order@liber.se internet: www.fritzes.se

Övriga KFB-publikationer beställs och erhålls via KFB. Man kan dessutom abonnera på tidningen KFB-Kommuniké.

KFB Reports are sold through Fritzes', S-106 47 Stockholm.

Other KFB publications are ordered directly from KFB

Innovativa kollektiva trafiksystem

översikt över aktuella utvecklingar

av

Tekn. dr. Ingmar Andréasson

LogistikCentrum

december 2000

Förord

Föreliggande rapport är en vidareföring av forskningen inom temaprogrammet “Avancerade persontransportsystem” vid Chalmers Tekniska Högskola åren 1994-97. Då fokuserade vi system av typ Spårtaxi eller på engelska Personal Rapid Transit (PRT). Nu har vi breddat perspektivet till att innefatta även andra typer av småskaliga transportsystem som förarlösa minibussar, kabelbanor och Dual-mode.

Underlaget för rapporten utgörs av direktkontakter med respektive utvecklare av de beskrivna systemen. Planeringsarbetet inför de senaste APM-konferenserna (Automated People Movers) har bidragit till att hålla mig ajour med utvecklingen.

Arbetet har initierats och finansierats av Kommunikationsforskningsberedningen (KFB). Publiceringen av denna rapport innebär inte att KFB tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Mölnadal den 20 december 2000

Ingmar Andréasson

LogistikCentrum Väst AB
Taljegårdsgatan 11
431 53 MÖLNDAL
tel 031-87 77 24
ingmar@logistikcentrum.se

Innehållsförteckning

	Sida
Sammanfattning	3
1. BEHOVET AV NYA LÖSNINGAR	4
1.1. Kollektivtrafik är resenärens sista val	4
1.2. Att bli resenärens första val	5
1.3. Fyra utgångspunkter - en lösning	5
1.4. Vilka resor kan de nya systemen ta hand om?	7
2. NÅGRA AKTUELLA UTVECKLINGAR	8
2.1. Förarlösa tunnelbanor och spårvagnar	8
2.2. Intelligent vehicle-highway system (IVHS)	8
2.3. Avancerade farthållare (ACC)	8
2.4. Elbilar	9
2.5. Kabelbanor	9
2.6. Spårtaxi	9
2.7. Dual-mode	11
2.8. Erfarenheter från aktuella utvecklingar	12
3. NÅGRA TYPISKA SYSTEM	13
3.1. FROG ParkShuttle	13
3.2. Taxi2000	15
3.3. ULTra	17
3.4. Austrans	19
3.5. SkyCab	21
3.6. FlyWay	22
3.7. Leitner	24
3.8. Doppelmayr	25
3.9. Kabelbana med växlar	26
3.10. RUF	27
4. JÄMFÖRELSER	29
4.1. Systemparametrar	29
4.2. Systemskiljande egenskaper	31
4.3. Jämförande värdering av bansystem	34
4.4. Var passar lösningarna?	36
5. FORTSÄTTNING	38
5.1. Några aktuella tillämpningar	38
5.2. Vad händer härnäst?	41
6. SLUTSATSER	43
Referenser	44
Internetadresser	46

Sammanfattning

Föreliggande rapport är en översikt över innovativa system för kollektiv trafik. De satsningar som hittills gjorts på förbättringar av kollektiv trafik har inte varit tillräckliga för att bryta trenden av ökande biltrafik och minskande kollektivt resande. Rapporten lyfter fram idéer och lösningar som erbjuder många av bilens fördelar utan att medföra dess nackdelar.

Rapporten ger en inventering av småskaliga transportsystem som erbjuder direkt resa utan väntetider, byten eller uppehåll under resan. Jag beskriver några typiska representanter för olika principlösningar utan anspråk på fullständighet. Perspektivet är resenärens och planerarens snarare än ingenjörens. De olika systemen jämförs och värderas och slutligen diskuteras var de olika systemen kommer bäst till sin rätt.

Sju bansystem utpekas som särskilt intressanta. Med de förslagna lösningarna bedöms upp till 25 % av dagens bilresenärer frivilligt lämna bilen för att resa kollektivt.

Det finns flera lämpliga tillämpningsområden av de nya systemen i Skandinavien. Utvecklingen av de innovativa systemen ligger väl till för svenskt kunnande och svensk industri.

Slutsatserna är:

- Dagens kollektivtrafik är inte konkurrenskraftig
- Innovativa system erbjuder många av bilens kvaliteter
- ITS i biltrafiken kan överföras till kollektiv trafik
- Anropsstyrda direktresor halverar restiderna
- Småskaliga system kan ersätta bussar och spårvagnar
- Några utvecklingar är mogna för implementering
- De nya bansystemen kostar mindre än spårvagn
- Flera lämpliga applikationer finns i Sverige
- Goda utvecklingsmöjligheter för svensk industri

1. Behovet av nya lösningar

1.1. Kollektivtrafik är resenärens sista val

Över 80 % av alla motoriserade transporter i Sverige sker med bil. Biltrafiken i städer fortsätter att växa med cirka 2 % om året. Vägnäten i stora svenska städer är överbelastade redan. Samtidigt som biltrafiken växer så minskar det kollektiva resandet i ungefär samma relation, dvs 2 % per år.

Alla satsningar som hittills gjorts på bättre kollektivtrafik har varit otillräckliga. Av dem som idag reser kollektivt har de flesta inget alternativ. De saknar körkort eller har inte tillgång till bil.

För att balansera kapacitet och efterfrågan på bilresor i Stockholm måste man enligt Statens Institut för KommunikationsAnalys (SIKA) både bygga ut vägnätet, förbättra kollektivtrafiken och samtidigt avgiftsbelägga biltrafiken. Det enda som skulle få fler att åka kollektivt med dagens utbud vore en rejäl ekonomisk kris.

Vad är det då som krävs för att resenärer skall föredra att lämna bilen hemma och resa kollektivt? Troligtvis krävs de mervärden som privatbilen erbjuder, nämligen:

- + frihet att resa när man önskar
- + inga stopp eller byten på vägen
- + resa enskilt eller i självvalt sällskap
- + avskildhet och komfort
- + möjlighet att lyssna på musik

Djupintervjuer med vardagsresenärer i Göteborgsområdet bekräftar att vanebilisten har ett starkt behov av ensamhet och individualitet i sitt resande (ref. 1).

Priset har inte varit avgörande för dem som idag valt bilen. De har både råd och betalningsvilja. Ett attraktivt transportsystem kan få kosta mera än dagens kollektiva trafik - högt pris kan till och med vara en fördel då det höjer statusen.

Bilen är inte bra på allt. Den har också nackdelar som till och med de mest inbitna bilisterna skulle vilja slippa:

- trängsel och köer
- osäker restid
- buller och avgaser
- olycksrisker

Denna studie syftar till att lyfta fram alternativa transportsystem som erbjuder bilens fördelar och undviker dess nackdelar.

1.2. Att bli resenärens första val

Vi vill erbjuda *högsta möjliga servicegrad* för att locka flest möjliga resenärer. Servicekravet leder till anropsstyrda system och direkta resor. Resan är individuell och vagnarna kan vara små.

Med småskaliga system förbättras tillgängligheten genom bättre yttäckning, kortare gångavstånd, flera förbindelser, kortare väntetider och färre byten. Trafikeringen kan utformas mera som taxi än som buss och spårvagn.

Jag har valt att i denna redovisning fokusera på *småskaliga kollektivsystem med intelligent styrning*. Kabeldragna system beskrivs därför att de bör kunna utvecklas till anropsstyrning och direktresa.

Jag tar inte upp förarlösa tunnelbanor, automatstyrda bussar, bilar med alternativa drivmedel, taxi och minibussar med varierande grader av samåkning. De senare behandlas av Yngve Westerlund i ett annat KFB-finansierat projekt vid LogistikCentrum (ref. 2).

Här beskrivs några, som jag bedömer, intressanta principlösningar och exemplifieras med system som är nära implementering. Rapporten gör inte anspråk på en fullständig inventering och inte heller på detaljerade beskrivningar av tekniskt utförande och prestanda. Perspektivet är planerarens och resenärens snarare än ingenjörrens. Fokus ligger på idéerna och vad de innebär för resenärer och omvärld.

De system jag beskriver erbjuder *anropsstyrd direktresa*, dvs trafiken anpassas till resenären istället för att resenären som idag måste anpassa sig till linjer och avgångstider.

Om resan skall vara anropsstyrd kan man inte räkna med många passagerare i ett fordon. Stora fordon kräver att resenärerna väntar för att kapaciteten skall kunna utnyttjas.

Korta tidsavstånd kräver kontrollerad framfart, dvs *automatik*. Det går inte att förlita sig på förarens uppmärksamhet och reaktionsförmåga om man vill ha ett snabbt och säkert system med hög kapacitet.

Små fordon medför också andra fördelar. Den infrastruktur som fordonen kör på (spår, bana, hängbalk etc) kan göras smäckrare, lättare och billigare. Motivet för dagens stora kollektivfordon har varit att spara på förarkostnader. Med automatisk drift finns inte längre någon anledning att hålla resenärer väntande för att fylla stora fordon.

1.3. Fyra utgångspunkter - en lösning

Jag vill visa hur helt skilda utgångspunkter leder fram till lösningen med små anropsstyrda och förarlösa fordon.

Bästa möjliga service

Utgångspunkten är att erbjuda högsta möjliga servicegrad, dvs

- frihet från tidtabell
- ingen eller obetydlig väntetid
- direkt resa utan byte.

Avgångar och ruttval måste styras av den enskildes behov. Trafikeringsprincipen liknar taxi snarare än buss. Vagnen inväntar resenären och avgår så snart han eller hon är redo. Med den principen behövs inga stora fordon eftersom det sällan är många som önskar göra samma resa samtidigt. Den förväntade medelbeläggningen motsvarar privatbil eller taxi, dvs mellan 1,2 och 1,5 personer. För att få högre beläggning skulle man behöva hålla resenärer väntande.

Under högtrafik och vid omstigningshallplatser från tidtabelltrafik kan medelbeläggningen komma upp i över 2 personer med samåkning utan att någon behöver vänta mer än 3 minuter (ref. 3).

För att klara kapacitetskravet med små fordon krävs många fordon och tät trafik. För rimlig ekonomi med många fordon måste fordonen vara förarlösa.

Smäckra banor

Dimensionerna för en bana bestäms av den maximala belastning den kan utsättas för. Det har liten betydelse för dimensioneringen hur ofta belastningen uppträder. Lägsta möjliga belastning får man genom att dela upp vikten och sprida ut den. Samma kapacitet uppnås med 2 passagerare i en vagn varannan sekund som med ett tåg med 1800 passagerare varje halvtimme. Belastningen av tåget mot underlaget är storleksordningen 1000 gånger högre.

För en smäcker bana skall man alltså ha små fordon. Då behövs många fordon och korta tidsintervall. Ekonomi och säkerhet kräver automatisk drift.

Många små stationer

För korta gångavstånd krävs många stationer.

Servicekravet säger att resan skall ske utan onödiga stopp på vägen. Då kan man inte låta sig hindras av andra vagnar som stannat för av- och påstigning. Stationerna måste ligga på sidospår.

Oberoende av servicekravet kan man av kapacitetsskäl inte tillåta stopp på banan. Alla stationer måste ligga på sidospår.

Stationer på sidospår leder till kortare restider och därmed lägre vagnbehov.

Med täta avgångar och många stationer är det få som väntar samtidigt och stationerna kan göras små. Små stationer underlättar inplaceringen i stadsmiljön. Färre resenärer på stationen minskar riskerna för överfall. Ingen kommer in på stationen som inte löst biljett utanför ingången.

Ekonomi

I ett typiskt automatiskt system med små vagnar utgör bana och stationer cirka 75 % av den totala investeringen (ref. 3). Avgörande för kostnaden är banans dimensioner som enligt ovan bestäms av den maximala fordonsvikten. Ju lättare fordon desto billigare bana.

Små fordon leder till täta avgångar, få väntande och små stationer som också är billigare.

För en given kapacitet krävs flera fordon ju mindre de är. Blir det då inte dyrare med många små fordon än färre och större? Enligt en sammanställning av Anderson (ref. 4) är fordonskostnaden per passagerarplats ungefär densamma för stora och små fordon. Stora fordon kräver starka motorer och bromsar, dyrare hjulupphängning, kraftiga deformationszoner och mycket material. Vi skulle alltså få 1000 stycken 4-personersvagnar till ungefär samma kostnad som 100 vagnar för 40 passagerare. Många små vagnar är också en förutsättning för individuell och anropsstyrd direktresa.

1.4. Vilka resor kan de nya systemen ta hand om?

Småskaligheten behöver inte innebära lägre kapacitet. Tätt trafik med små vagnar i nätverk kan erbjuda jämförbar kapacitet som gles trafik med få stora vagnar i en korridor.

Jämför med utvecklingen för skidliftar. I den alpina skidåkningens barndom byggde man stora kabinliftar för skytteltrafik. Sådana kabinbanor ger glesa avgångar och långa köer och byggs knappast längre. Många små kabiner eller stolar på samma kabel erbjuder högre kapacitet och kortare väntetider.

Små fordon med täta avgångar kan faktiskt erbjuda samma kapacitet som dagens bussar och spårvagnar. I en spårtaxiutredning för Göteborg (ref. 5) har vi med simuleringar visat att spårtaxi kapacitetsmässigt skulle kunna ersätta all kollektiv trafik i Göteborg, Partille och Mölndal och dessutom ta hand om 60 % av biltrafiken. Med samåkning kunde man i extremfallet med (fyllda) 4-personers vagnar transportera 5000 resenärer per timme på mest belastade länken.

I en färdmedelsanalys för centrala Göteborg (ref. 6) beräknas att 32 % av bilpendlarna och 19 % av övriga bilresenärer skulle välja spårtaxi för resor inom det betjänade området.

2. Några aktuella utvecklingslinjer

Här beskrivs några utvecklingslinjer med relevans för utvecklingen av intelligenta kollektiva transportsystem.

2.1. Förarlösa tunnelbanor och spårvagnar

Det finns idag nästan hundra automatiska persontransportsystem i drift (ref. 7) varav de flesta tillhör kategorin förarlös tunnelbana eller -spårvagn. Skälen att automatisera har varit att

- minska lönekostnaden
- erbjuda täta avgångar även vid låg efterfrågan
- öka säkerheten.

Erfarenheterna med automatisering visar att tekniken fungerar och är säker. Trafiken är fortfarande linjebunden men avgångarna är så täta att tidtabeller inte behövs. Väntetiderna blir korta men resenärerna får fortfarande stå ut med stopp på vägen och byten mellan linjer.

2.2. Intelligent vehicle-highway system (IVHS)

Ett omfattande federalt forskningsprogram i USA syftar till att öka kapacitet och framkomlighet i vägsystemet. Liknande utveckling sker inom bilindustrin i Europa. Föraren finns kvar men han är också resenär och utgör ingen kostnad. Denna automatisering sparar inga kostnader men avlastar föraren från avståndshållning och styrning. Därmed kan avstånden minskas med bibehållen säkerhet så att vägen kan svälja mer trafik.

2.3. Avancerade farthållare (ACC)

Farthållare på bilar har utvecklats från att bara hålla inställd hastighet till att ta även hänsyn till hastighetsbegränsningar, avståndet till framförvarande bil och relativ hastighet. I vissa modeller kan man ställa in minsta tidsavstånd till framförvarande:

- 1,0 sekunder för aggressiv körning
- 1,5 sekunder för normal körning
- 2,0 sekunder för försiktig körning.

Intressant nog är detta under de säkerhetskrav man brukar ställa på förarlösa system. Där har man krävt att tidsavståndet skall vara tillräckligt stor för att ett fordon skall kunna stanna utan att köra på framförvarande även om detta skulle tvärstoppa.

Bilar i normal framfart uppfyller inte kraven på säkerhetsavstånd trots att man där är beroende av förarens reaktionstid och manöverförmåga. Trots att automatiska system är säkrare ställs högre krav på dem än på förarstyrda system. Anledningen torde ha att göra med ansvars- och skadeståndsfrågor vid eventuell olycka.

2.4. Elbilar

Elbilar löser miljöproblemen med buller och avgaser men avhjälper inte trängseln och olyckorna i vägsystemet. Elbilens framgång är avhängig av hur batteritekniken utvecklas med avseende på kapacitet, laddningstid och livslängd.

Honda utvecklar ett system kallat ICVS (Intelligent Community Vehicle System) baserat på elbilar. Benämningen går tillbaka på CVS som var det första spårtaxisystemen i världen som var i drift på 70-talet. Hondas bilar kan styras och växlas efter magneter i vägbanan och hålla avstånd till framförvarande fordon och till eventuella hinder med hjälp av radar. I blandad trafik går bilarna långsamt men på reserverade körfält kan de köras snabbt. Man tänker sig att bygga allt flera reserverade körfält till ett sammanhängande nätverk. Körfälten kan göras smalare än normala körfält eftersom vingelutrymme inte behövs. Bilarna kan grupperas i kolonner för ökad vägkapacitet. Bilarna är tänkta att vara kollektivt ägda som man hyr för en resa.

Andra utvecklingar av elbilen exemplifieras av franska PRAXITEL, SERPENTINE, CYCAB och japanska VALSE från Yamaha.

2.5. Kabelbanor

Kabeldrift är en gammal och beprövad teknik. De kabeldragna spårvagnarna i San Francisco har varit i drift sedan 1878. Kablarna drivs med konstant hastighet från en motorcentral. Föraren (the gripper) griper om kabeln med en spak och bromsar med en annan spak. Växling sker med rälsväxel i nedförslut där vagnen rullar fritt.

I modern tid har kabeltekniken utvecklats för skidliftar med små kabiner som släpper kabeln vid stationerna. Medan hängande kabiner lämpar sig bäst i skidområden finns nu även kabeldragna vagnar som rullar på bana i stadstrafik. Vagnarna kan antingen sitta fast på kabeln varvid alla vagnar stannar samtidigt eller släppa kabeln vid stationer.

Vagnarna rullar på gummihjul eller svävar på luftkuddar eller magnetfält. Vändskivor används på kabeldragna vagnar. Växlar i kabelbanor används bara för att manuellt ta vagnar av och på kabeln.

Fördelar med kabelbanor är enkel, beprövad konstruktion och hög säkerhet. Vagnarna behöver ingen egen drivning och avståndshållningen på länk är självklar.

Det finns två ledande leverantörer av urbana kabelsystem - Doppelmayr och Leitner (som nyligen köpt en tredje, POMA). De beskrivs närmare senare.

2.6. Spårtaxi

Spårtaxi eller på engelska Personal Rapid Transit (PRT) karaktäriseras av:

- små förarlösa vagnar (3-5 passagerare)
- stationer på sidospår
- vagnar som inväntar resenärer
- avfärd så snart någon vill åka
- direkt resa utan stopp och byten
- snabbaste färdväg till målet

Vagnarna går som regel på högbana eller hänger under en balk. För hög kapacitet krävs att vagnarna kan gå med korta tidsintervall (ett par sekunder).

Spårtaxi erbjuder många av privatbilens kvaliteter för resa mellan spårtaxistationer. Det kan vara tätt mellan stationerna utan att resan tar längre tid eftersom man bara kör förbi. Kapaciteten är jämförbar med buss och spårvagn.

Vagnarna matas med elenergi via strömavtagare från banan eller från batteri som laddas vid stillastående.

Vanligen kräver man så kallad "brickwall" säkerhet, dvs att om en vagn kör på något skall efterföljande vagn kunna bromsas så att allvarlig kollision undviks.

Erfarenheten har visat att kraven på styrsystem, hastighet, tidsavstånd och säkerhet kan uppfyllas i praktisk drift.

Ett japanskt system, CVS var i drift med passagerare redan 1972 i en förort till Tokyo. CVS transporterade under 7 månader 800.000 passagerare i 60 vagnar med 1 sekunds tidsintervall. Inga incidenter inträffade och tillgängligheten var 98,2 %.

Ett spårtaxiliknande system med större vagnar (Group Rapid Transit) finns i drift sedan 25 år i universitetsstaden Morgantown i USA. Systemet har 73 vagnar och 5 stationer, alla på separata spår. Vagnarna är större än PRT (8 sittande och 12 stående) men väljer väg individuellt som spårtaxi. Det primitiva styrsystemet är dimensionerat för 7,5 sekunders tidsintervall. Cirka 50 miljoner passagerare har hittills transporterats. Driftserfarenheterna är mycket goda med 99,8 % tillgänglighet och inga olyckor.

Ett tvärvetenskapligt temaforskningsprogram "Avancerade persontransportssystem" bedrevs vid Chalmers Tekniska Högskola under åren 1994-97. Spårtaxi analyserades där utifrån användaracceptans, stadsbyggnad, resstandard, efterfrågan och samhällsekonomi. Några av slutsatserna (ref. 8) från forskningen om spårtaxi var:

- tekniken finns tillgänglig
- har kapacitet att ersätta bussar och spårvagnar
- accepteras av resenärerna
- kan halvera dagens restider
- kan attrahera 20-25 % av dagens bilresenärer
- kan vara samhällsekonomiskt lönsam
- visuellt intrång största hindret.

En begränsning med spårtaxi är att direktresa bara kan erbjudas inom spårtaxinätet. Resenären måste själv ta sig till eller från stationer. Ändå erbjuder spårtaxi normalt halverade restider jämfört med linjebundna system (ref. 5).

Exempel på spårtaxisystem beskrivs i det följande.

2.7. Dual-mode

Dual-mode innebär att fordon kan köras automatiskt på egen bana men även manuellt på vanliga gator och vägar. Stationerna behöver inte ligga tätt eftersom man utnyttjar gatenätet också. Dual-mode kan bli attraktivt redan med enstaka länkar på överbelastade infartsleder.

Det är naturligt att bilen är eldriven med batterier som laddas när bilen kör på banan. Vagnarna kan vara privatägda som man tar hem till det egna garaget. Privatägda fordon utnyttjas visserligen dåligt och kräver parkeringsplats men samhället slipper investeringen. Det kan också finnas kollektivt ägda fordon som man hämtar och lämnar på närmaste station.

För säkerheten på bansystemet krävs att alla fordon fyller gemensamma krav och att detta automatiskt kontrolleras vid påfart. Banan kan finansieras genom att användaren debiteras förhöjt pris för laddningsströmmen på banan.

Elbilar (ex Honda ICVS) som kan styras automatiskt är också Dual-mode. Väg med magneter kan användas av både vanliga och automatstyrda bilar och ingen ny infrastruktur behövs. På vägar med blandad trafik måste hastigheten hållas lägre av säkerhetsskäl och man planerar därför att efterhand göra vissa vägar eller körfält exklusiva för automatisk styrning. Fördelen är att det inte krävs ny infrastruktur men det blir heller ingen större kapacitetshöjning förrän man kan få exklusiva körfält och kolonnkörning.

Endast med ny dedicerad bana ökar kapaciteten. Om banan går upphöjd tar den inte mycket markutrymme. Kapaciteten på en bana motsvarar tre körfält på motorväg och kostar bara en bråkdel av motorvägen.



Figur 2.1. Trefältig motorväg vid full kapacitet (copyright Carter-Burgess, USA).



Figur 2.2. Resenärer i figur 2.1 ryms i automatiska fordon på en bana (copyright Carter-Burgess, USA).

Exempel på utvecklingar av Dual-mode presenteras senare.

2.8. Erfarenheter från aktuella utvecklingar

Från förarlösa tunnelbanor och spårvagnar kan vi hämta lösningar för automatisering, tillförlitliga komponenter och redundans (dubbling av kritiska komponenter).

Från IVHS-utvecklingen kan vi hämta teknik för att mäta och hålla korta avstånd med bibehållen säkerhet. Bilar har i USA framförts automatiskt i 100 km/tim på motorväg med 0,5 sekunders tidsintervall.

Från elbilsutvecklingen kan vi hämta batteriteknik som ersätter strömmatning utefter banan och möjliggör snabb laddning under normala stationsuppehåll. Batterierna (metallhydrid) i Toyotas nya hybridbil uppges hålla bilens livslängd.

Från kabelbanorna kan vi hämta enkel, billig och säker teknik för framdrivning av fordon med korta avstånd. Växlingsteknik behöver utvecklas.

Spårtaxi (PRT) kan hämta erfarenheter och lösningar från de andra systemen där man investerat större utvecklingsresurser.

Dual-mode sammanför utvecklingar inom automatiska bansystem, elbilar och IVHS.

3. Några typiska system

I det följande beskrivs några typiska representanter för olika systemlösningar. Urvalet är inte uttömmande och beskrivningarna är inte fullständiga. Vi har valt att ta med system som uppfyller något eller några av följande krav:

- typiska för respektive kategori
- längst driven utveckling
- möjligheter för svensk industri

Efter beskrivningen av de olika systemen följer i nästa kapitel sammanställningar av prestanda, systemskiljande egenskaper och värderingar. Ytterligare system finns redovisade i referens 9.

3.1. FROG ParkShuttle

Nederländska FROG Navigation Systems (Free Ranging On Grid) har utvecklat en teknik för navigering baserad på hjulrotationer och hjulvinklar kompletterade med regelbundet utplacerade passiva transponders i vägbanan. Tekniken är beprövad för autotruckar i fabrikslokaler och för containertransport i hamnar. En senare tillämpning är navigering av förarlösa minibussar (Park Shuttle).

Sedan december 97 trafikerar fyra förarlösa fordon en av långtidsparkeringarna på Schipholflygplatsen utanför Amsterdam. Man trafikerar två slingor à 1 km med vardera 3 hållplatser. Trafiksignaler reglerar konflikter med andra bilar.



Figur 3.1. ParkShuttle på Schiphols parkering



Figur 3.2. Trafikreglering med signaler och bommar

I Rivium Business Park utanför Rotterdam trafikerar tre fordon en sträcka på 1,3 km mellan en tunnelbanestation och en företagspark. Förutom ändhållplatserna finns 3 andra hållplatser på sträckan. Allmänheten har kunnat utnyttja systemet sedan februari 99. Innan dess trafikerades sträckan av en vanlig buss och redan efter några månader hade kollektivresandet fördubblats (ref. 10).



Figur 3.3. ParkShuttle vid hållplats



Figur 3.4. Egen bro över motorväg

Fordonen är batteridrivna och rymmer 6 sittande och 4 stående passagerare. Precisionen i navigeringen är 2-3 cm och hastigheten är begränsad till 30 km/tim av säkerhetsskäl. Färdvägen är avgränsad av staket och fordonen har sensorer som känner av hinder. Banan är en 3 meter bred asfaltyta med inbäddade transponders. Varje fordon har sitt eget navigeringssystem med en lagrad karta över bansträckningen. Fordonet bestämmer sin egen rutt baserat på passagerarnas destinationer som knappas in i bussen.

En centralt styrsystem (SuperFROG) svarar för planering och trafikstyrning med hjälp av signaler och barriärgrindar. Styrsystemet som är PC-baserat fördelar uppgifterna till fordonen och kommunicerar med dem via radio. Endast start- och målpunkter kommuniceras. Fordonsdatorer bestämmer själva kortaste väg och övervakar säkerhetsavstånd.

Det är oklart hur tätt fordonen kan köras med tanke på att de navigerar var för sig och oberoende. Systemet lämpar sig för korta sträckor (upp till 5 km) med låga resbehov. En klar fördel är att man inte behöver bygga en speciell bana. Park Shuttle leds på en smal bro över en motorväg. Risken för konflikter med andra fordon och/eller fotgängare begränsar hastigheten.

Kostnaden i Rivium Park uppges till 25 Mkr inklusive 3 fordon, stationer och 1200 m bana.

FROGs styrsystem utnyttjas även av ULTra PRT som vi återkommer till.

3.2. Taxi2000

Taxi2000 utvecklades av en tvärvetenskaplig forskargrupp vid University of Minnesota. Professor J. Edward Anderson är idag den ledande experten på spårtaxisystem. Universitetet har licensierat patenträttigheterna till bolaget Taxi2000 som leds av Anderson. Taxi2000 hade i sin tur licensierat rättigheterna till Raytheon Corporation som ändrade specifikationen och döpte sitt utförande till PRT2000. Raytheons demonstrerade med sin provbana teknik, kontroll och säkerhet med 3 vagnar i 48 km/tim med 2,5 sekunders intervall.

Fordon och bana i Raytheons utförande blev stora, tunga och dyra och kunden Chicago RTA dröjde med sin beställning. Raytheon lade ner utvecklingen efter att ha investerat cirka 50 milj USD. Rättigheterna har nu gått tillbaka till Taxi2000 som byggt upp ett utvecklingsteam och förhandlar med nya finansiärer.



Figur 3.5. Skalmodell av Taxi2000



Figur 3.6. Genomskärning av bana

Vagnarna i Taxi2000 rymmer 3 passagerare (i bredd) alternativt en rullstol eller barnvagn med följeslagare. Vagnarna går på gummihjul i en U-formad trågbana med dimensionen 0,9x0,9 meter. Framdrivningen är elektrisk med linjärmotorer (LIM) och likström från strömskena. Växlingen är mekanisk med en rörlig arm i vagnen som följer styrskenor i banan. Hastigheten är 32-80 km/tim. Initialt testas 65 kmt/tim med 3 sekunders tidsintervall (ref. 11).

Tack vare linjärmotordriften är acceleration och bromsprestanda oberoende av friktion (det är mycket snö i Minnesota). Därigenom kan man planera för tidsintervall ner till 0,5 sekunder.

Kostnaden uppskattas till cirka 40 Mkr (kurs 1 USD=10 SEK) per km enkelbana inklusive vagnar, stationer och styrsystem.



Figur. 3.7. Banan kan hängas på fasader



Figur 3.8. Modell av station

Taxi2000 har väckt stor entusiasm i USA där medborgargrupper bildats i flera delstater för att förmå myndigheterna att satsa på konkurrenskraftiga alternativ till privatbilen. Citizens for PRT fins etablerade i Minneapolis (www.cprt.org), Santa Cruz (www.umunum.org) och Austin (www.acprt.org).



Figur. 3.9. Medborgargruppens vision för Minneapolis

Taxi2000 har utvalts av Skyloop Committee of Cincinnati i Ohio som den mest lämpliga av 50 studerade högbanor för att lösa stadens trafikproblem. En simuleringsmodell av det föreslagna systemet visas på organisationens hemsida www.skyloop.org.

3.3. ULTra



Figur 3.10. Prototyp av ULTra fordon

ULTra (Urban Light Traffic) är ett spårtaxisystem utvecklat av forskare under ledning av professor Martin M. Lowson vid University of Bristol i Storbritannien. Batteridrivna vagnar löper på gummihjul i en trågförmad betongbana på pelare eller på mark mellan kantstenar. Istället för att styras och växlas mekaniskt mot banan precisionsnavigerar fordonen med hjälp av ombordkarta, hjulrotationer, hjulvinklar och sensorer i banan (system FROG). Framhjulen styr som på vanliga bilar och banans sarg är dimensionerad för påkörning som säkerhetsbarriär. Batterierna laddas när fordonet står stilla i depå eller vid stationer.



Figur 3.11. Bana av betong



Figur 3.12. Miljö i Cardiff

Tack vare batteridriften kan banan göras enklare och billigare utan strömmatning. Batteridriften är också en förutsättning för navigering utan mekanisk kontakt. En ytterligare fördel är att evakuering i nödsituationer kan ske utan risk för beröring med strömförande delar i banan.



Figur 3.13. Korsande väg



Figur 3.14. Bana i markplan

På sträckor där spårtaxi kan gå fram på marken blir anläggningskostnaden betydligt lägre. Fallstudier har visat att över 50 % av sträckningen kan förläggas i markplanet. Det är möjligt att framföra fordonet på fria ytor i lägre hastighet (som FROG Park Shuttle).

ULTra dimensioneras för 4 sittande passagerare, 40 km/tim och 3 sekunders tidsintervall som senare minskas till 1 sekund. Banan kan stiga 10 % och typiska stolpavstånd är 18 meter. Kurvradien kan vara ned till 5 meter vilket är mycket bra och underlättar inplacering i trånga gaturum (ref. 12).

Den öppna banprofilen med hjuldrift och -bromsning kräver snöröjning och någon form av avisning. Fördelen är att banan senare kan användas av elbilar med automatisk drift på banan och manuell drift utanför bannätet (Dual-mode). En konventionell elbil behöver kompletteras med utrustning för navigering, kommunikation och avståndshållning. Den typen av utrustning börjar bli tillgänglig nu.

Kostnaden för komplett system (fordon, bana, stationer och styrsystem beräknas till cirka 40 Mkr per km. Om banan i sin helhet är upphöjd uppskattas systemkostnaden till cirka 75 Mkr per km.

En fordonsprototyp har byggts och statliga forskningsanslag har beviljats med 75 Mkr för utveckling och test av prototypanläggning. Därutöver finansierar staden Cardiff i Wales studier för val av område och utformning av den första installationen.

Prototypanläggningen beräknas var i drift i början av år 2001. Drift med passagerare planeras i Cardiff till år 2003.

3.4. Austrans



Figur 3.15. Austrans fordonsprototyp

Austrans har större vagnar än de rena spårtaxisystemen och klassificeras som Group Rapid Transit (GRT). Fordonen rymmer 9 personer, alla sittande. Trafikeringen sker som individuell spårtaxi utom i rusningstrafik då samåkning tillämpas och vagnen stannar på flera hållplatser. Alla stationer ligger på sidospår så att de kan passeras obehindrat.

Austrans löper på en speciell Z-formad räls där griphjul fattar om rälsen och ger säkert grepp för backtagning (20 %) och inbromsning. Hjulupphängningen medger också skarpa kurvor ner till 8 m radie (vid 18 km/tim). Detta underlättar linjedragning på befintliga stadsgator där det ofta är trångt i hörnen. Rälsen är flexibel (!) så att rälsväxeln är relativt snabb (1 sek). Säkerhetsavstånd framför rälsväxel kräver ett minsta tidsintervall av 3 sekunder.

Austrans är ensamma om att föreslå sidoförskjutning av rälssegment på stationer. Därigenom kan lastning och lossning av olika vagnar ske oberoende så att stationskapaciteten ökas.

Finansiering med 130 miljoner kronor finns för utvecklingen av fordon och provbana. Fordonschassit är färdigt och vagnkorgen monteras när detta skrivs i slutet av december 2000. Provbana inklusive växel utanför Sydney är under byggnad och beräknas fullt operationell i maj 2001. Bolaget Bishops Group är stort och välrenommerat som konstruktörer och leverantörer av hjulupphängning/styrning för bilindustrin.



Figur 3.16. Austrans i gatumiljö

Austrans' prestanda placerar systemet över PRT både med avseende på hastighet (upp till 120 km/tim) och kapacitet (upp till 9000 pass/tim). De större fordonen kompenserar för det längre tidsintervallet som rälsväxeln kräver.

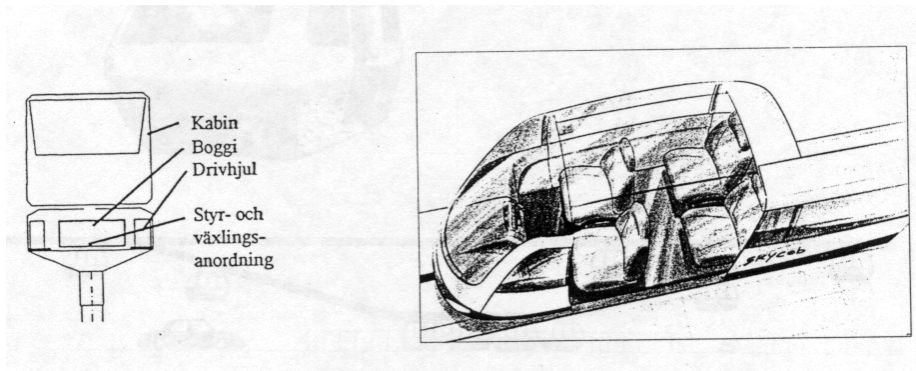
Austrans har inbjudits att offerera en anläggning för Singapore och till förstudier i Canberra samt städer i Sydamerika och Kalifornien. Full kommersialisering planeras till år 2003.

Systemkostnaden anges till 15 MUSD per km upphöjd bana och 12 MUSD i markplan.



Figur 3.17. Austrans provbana utanför Sydney

3.5. SkyCab



Figur 3.18. SkyCab vagn- och banprofil

Figur 3.19. Skiss över fordon

Svenska SkyCab är ett spårtaxisystem baserat på eldrivna vagnar med gummihjul på inkapslad bana. Med komponenter från elbil och med modern batteriteknik kan strömförsörjningen begränsas till laddning under stillastående. Vagnen styr och växlar genom att följa magnetslingor och svänger med framhjulen som en bil.

Körbanan är övertäckt med endast en smal öppning uppåt och dränering nedåt. Materialet i banan kan vara antingen betong eller stål. Spannet kan göras 12-30 meter och kurvradien kan vara ned till 20 meter. Hastigheten är normalt 36 km/tim med 1,6 sekunders tidsintervall.

SkyCab liksom övriga spårtaxisystem framförs normalt på högbana men även i markplan eller tunnel. Slingstyrning och batteridrift ger stor frihet i utformningen av banan.



Figur. 3.20. Designstudie av SkyCab för Linköping (copyright Bernhardt Arkitekter)

Förberedelser för provbana och omfattande studier och har gjorts i flera svenska städer (ref. 13) och ett flygplatsområde.

En mockup av fordonet skall ha byggts och ett konsortium av välrenommerade industriföretag, däribland ABB och NCC står beredda att finansiera och driva utvecklingen. Styrsystemet är en vidareutveckling av motsvarande för automatiska lagertruckar.

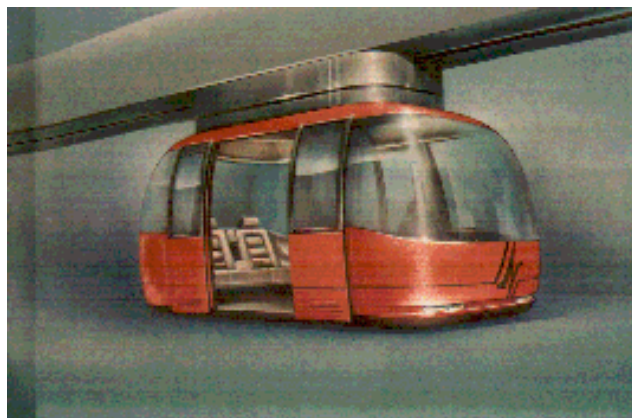
Investeringskostnaden för SkyCab anges till cirka 40 Mkr per systemkilometer.

3.6. FlyWay

FlyWay från Swedetrack AB är balkbanor för hängande vagnkorgar av flera storlekar. Här beskrivs spårtaxiutförandet med små (5-personers) vagnar hängande under en rektangulär balk.



Figur 3.21. FlyWay balkbana

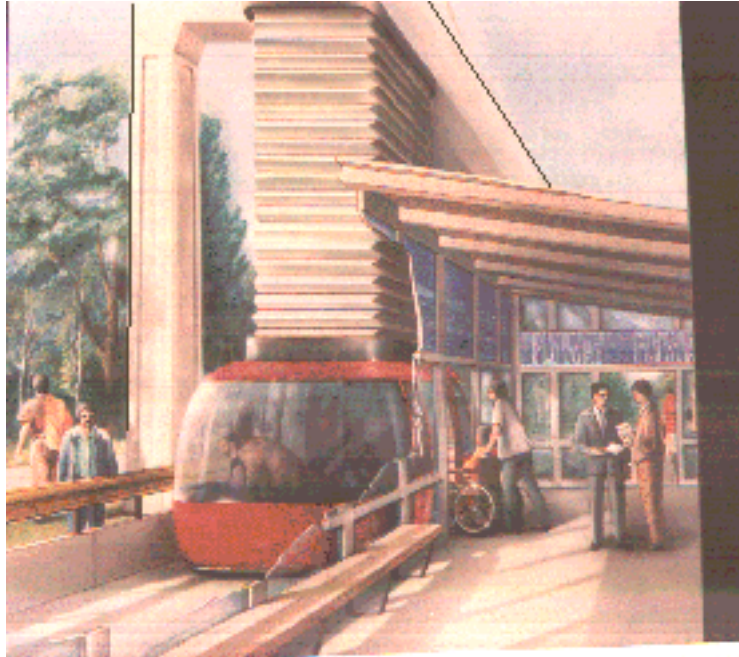


Figur 3.22. Kabin för 5 personer

Vagnkorgen är genom en slits på balkens undersida förbunden med en drivmotor som löper inne i balken. Kontaktytorna i balken är effektivt skyddade från snö, löv och skadegörelse.

Upphängningen av vagnkorgen och tröghetskrafterna ger naturliga lutningar som minskar sidkrafterna på resenärer i kurvor, acceleration och inbromsning. Balken behöver heller inte doseras i kurvor vilket förbilligar produktionen.

En för FlyWay unik egenskap är att vagnkorgen kan sänkas från balken vid stationer. Därigenom slipper man bygga upphöjda stationer och resenärerna slipper ta sig upp och ner. Stationerna blir billigare och det visuella intrånget blir mindre. På köpet får man en utmärkt evakueringsmöjlighet vid hinder på linjen.



Figur 3.23. FlyWays kabiner kan sänkas till markplan vid stationer

FlyWay-konceptet innehåller också större vagnkorgar och kraftigare balkar för ökad kapacitet men då går man ifrån konceptet med direkt resa utan väntetid. En annan variant är plattformar för transport av bilar hängande under balken, dvs en slags Dual-mode.

Visst samarbete har etablerats med Siemens som har en liknande hängbana med stora vagnkorgar.

FlyWay har väckt internationell uppmärksamhet med konkreta förfrågningar från Fjärran Östern.

Konstruktionen är väl genomarbetad med flera patent (växling mm) och finns utförligt beskrivet på deras hemsida www.swedetrack.com.

3.7. Leitner

Leitner har byggt kabeldragna skidliftar i över 100 år. Tekniken med kabeldrift har överförts till att dra vagnar som går på räls. Leitners bana är en fackverkskonstruktion som bär upp rälsen och innehåller ledhjul för kabeln.



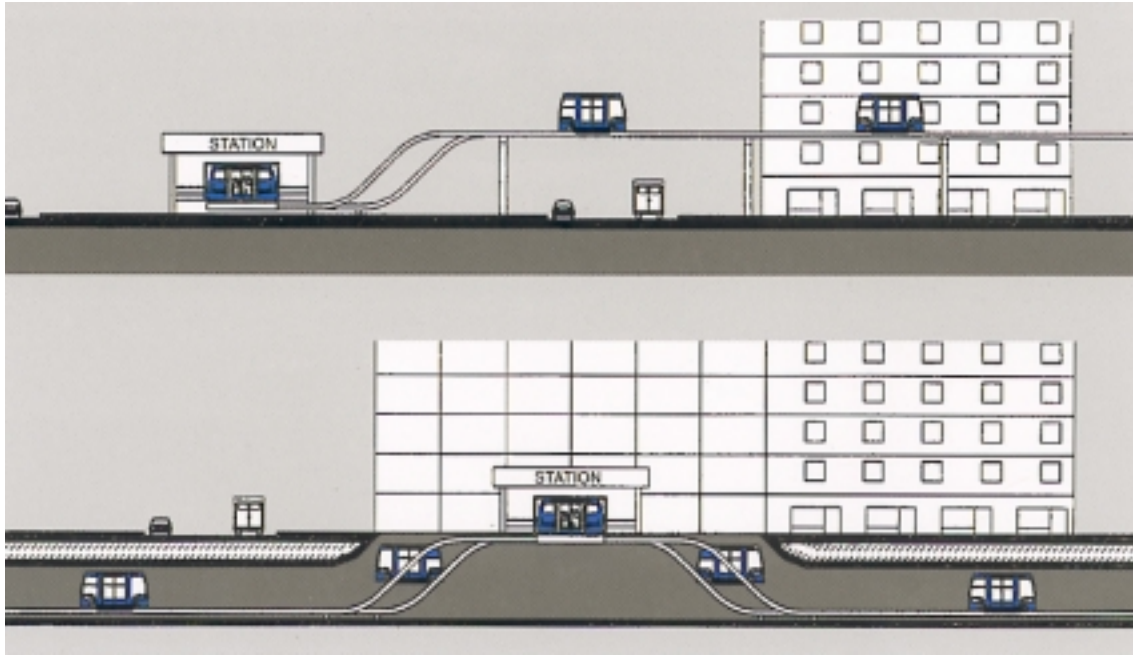
Figur 3.24. Vändskiva för kabelbana



Figur 3.25. Leitner kabin för 30 personer

I den enklaste typen av bana sitter vagnarna fast på kabeln och hela kabeln stoppas för av- och påstigning. Denna lösning lämpar sig för skytteltrafik med två vagnar eller två grupper av 2-3 vagnar. Om man har flera stationer måste de ligga på lika avstånd så att alla vagnar stannar vid station. Vagnarna finns i flera storlekar med plats för 30 - 140 passagerare.

Kabeln kan vara upp till 6 km lång. Hårda hjul rullar på rörformad räls liknande moderna berg- och dalbanor. På tal om berg- och dalbanor kan banan luta ända upp till 20 %. Man kan då låta banan gå ner till markplan vid stationer och upp igen utan att ramperna blir långa. Hastigheten är 36-50 km/tim. En viktig begränsning är kurvradien - hela 60 meter - vilket försvårar inplaceringen i stadsmiljö.



Figur 3.26. Med branta ramper kan stationer förläggas tillmarkplanet

I en mera avancerad variant, kallad MiniMetro, drivs kabeln med konstant hastighet och vagnen kopplas loss vid stationer. Vagnen saktar in med hjälp av gummihjul med olika hastigheter monterade på banan. För av- och påstigning går vagnen i krypfart. Stationerna kan ligga var som helst utefter linjen.

Växlar förekommer inte och stationerna saknar sidospår. Det sätter en gräns (30 sekunder) för hur tätt vagnarna kan gå utan att köra in i varandra vid stationerna. Vagnarna för MiniMetro kan ta upp till 50 passagerare och hastigheten är högst 30 km/tim. MiniMetro klarar snävare kurvor med radier ner till 30 meter (vilket fortfarande är mycket) men inte lika branta stigningar (15 %).

Vagnarna kan överföras mellan kabelsektioner vid stillastående och växlas med hjälp av vändskiva.

Leitner har en testbana för MiniMetro i Vipiteno sedan 1988 och bygger nu en stadsbana i italienska Perugia. Banan i Perugia är 3 km - delvis upphöjd, delvis i markplan och delvis i tunnel. Driftstart planeras till juni 2002 med 7 stationer och 25 vagnar för 50 passagerare.

3.8. Doppelmayr

Doppelmayr erbjuder liknande kabelbanor som Leitner. Doppelmayr har bland annat byggt en kabeldragen tunnelbana i skidorten Serfaus där vagnarna svävar på luftkuddar. En skyttelbana med tågsätt på räls har nyligen invigts i Las Vegas.

Doppelmayrs minsta kabelsystem kallas CableLiner. Vagnar för 30 passagerare avgår med 24 sekunders mellanrum på en rälsbana som kan vara upp till 4 km. Förutom de två ändstationerna kan banan ha 1-2 mellanstationer. Vagnarna släpper kabeln och saktar in vid

stationer till kryphastighet så att passagerare, barnvagnar och rullstolar kan gå av och på. En vändskiva vänder vagnarna i vardera ändpunkten. Inga växlar förekommer och alla stationer ligger på huvudspåret. Hastigheten är 29 km/tim. En testanläggning finns i Wolfurt, Österrike.



Figur 3.27. Doppelmayr CableLiner

3.9. Kabelbana med växlar

Jag har beskrivit kabelbanor trots att de är linjebundna och saknar intelligens. Skälet att ändå ta med dem är att banlänkar bör kunna kombineras till nätverk och stationerna förläggas på sidospår. Ingenting hindrar då anropsstyrning och direktresa utan stopp.

Det bör vara möjligt att utveckla en växlingsteknik för kabelbanor under gång. Varje vagn skulle ha två gripklor och gripa om den ena av överlappande kablar i en växel. Ledhjul styr vagnen genom växlarna. Stationerna kan ligga på sidospår där drivningen sker med gummihjul monterade på banan. Avståndsregleringen fås på köpet när vagnar på en länk sitter på samma kabel. Konflikter i samlingsväxlar undviks genom att vagnarna inte får lämna station förrän det finns ledig lucka på kablarna utefter hela färdvägen.

I tidigare utredningar (ref. 14) har vi visat att synkrona styrsystem kan fungera även i stora nät och vid hög belastning. Svagheter med synkrona styrsystem för spårtaxi är risken att någon vagn inte kan hålla sin planerade hastighet. Denna risk är liten i kabeldragna system då alla vagnar på en länk sitter på samma kabel.

Med växlar och stationer på sidospår skulle man kunna göra ett fullvärdigt spårtaxisystem med kabeldrift. Varför gör ingen det? Kanske klarar man inte att på ett säkert sätt byta kabelgrepp under gång. Kabeldrift medger heller inte snäva kurvor. Där finge man driva med

gummihjul från banan. Det finns faktiskt system (Mitchell Transit System) där all drivning sker med roterande gummihjul på banan som skjuter fram vagnarna.

Kabeldrift borde vara billigare än individuell drivning och reglering på alla vagnar. Ändå är det inte det. Leitners prisindikation 64 Mkr per km för MiniMetro ligger i överkant bland spårtaxipriser. Min bedömning är att de stora vagnarna (50 personer) leder till tyngre och dyrare bankonstruktioner.

3.10. RUF

Det danska Dual-mode-systemet RUF står för Rapid Urban Flexible och betyder också på danska ungefär "svisch". Uppfinnaren Palle Jensen har uppmärksammats i TV-program och fått motta flera utnämningar.



Figur 3.28. RUF elbil för väg och bana



Figur 3.29. MaxiRUF för 10 personer

RUF är batteridrivna elbilar som är utformade för att även kunna framföras förarlöst i kolonn på en monorail. Bilarna är privatägda eller hyrbilar men det skall också finnas kollektiva fordon för 10 personer och rullstolar.

Banan byggs upp av 20 meter långa sektioner av stål eller fiberbetong. Sektionen är triangelformad 0,9x1,2 m.

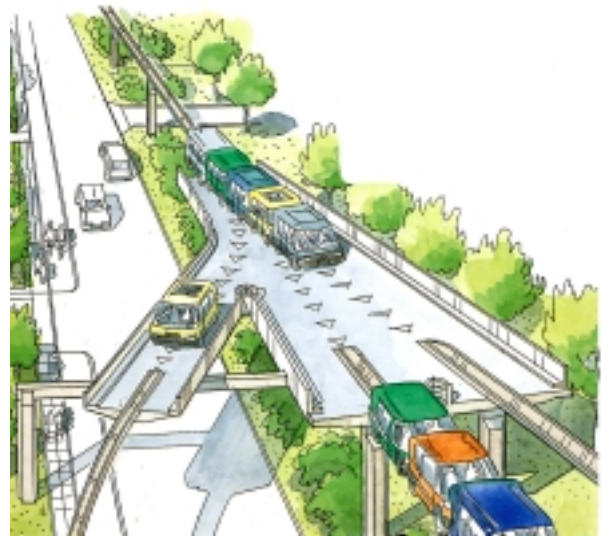
Batterierna laddas i vanliga eluttag och via strömvtagare när fordonet kör på banan. Räckvidden utanför banan anges till 50 km.

Växling sker på plana ytor där fordonen följer magnetslingor. Vid växling liksom vid av- och påkörning begränsas hastigheten till 30 km/tim.

Maxhastigheten är 80 km/tim på väg och upp till 200 km/tim på banan. Kapaciteten på banan är upp till 7200 fordon per timme vid kolonnkörning (utan mellanrum) vilket motsvarar tre körfält på motorväg.



Figur. 3.30. RUF bana i gatumiljö



Figur 3.31. RUF växel och avkörning

Banan är smäcker utom i växlarna där monorailen breddas till en normal vägbanan. Med grovmaskigt bannät behövs å andra sidan inte så många växlar. Enligt min bedömning kan växlarna med fördel förläggas till markplanet där de kombineras med av- och påkörningsmöjligheter.

Kostnaden uppskattas till 24 MDKK per km dubbelbana. Fordonen beräknas kosta som en vanlig elbil.

Prototypfordon och testbana har byggts vid Danmarks Tekniska Högskola. Ett danskt konsortium - RUF International - står bakom utvecklingen som stöds av danska Energi- och miljöministeriet. RUF-systemet tas emot positivt av trafikmyndigheter i Danmark. CalMode-konsortiet i södra Kalifornien har också uttalat sitt stöd för projektet. Bland städer intresserade av att introducera RUF märks Los Angeles (ref. 15).

4. Systemjämförelser

4.1. Parametrar

Viktiga data sammanfattas i tabell 4.1 och kommenteras nedan.

System	Bantyp	Växling	Drivning	Pass- kap.	Bandim BxH m	Fordonsdim LxBxH m	Tidsin- tervall sek	Teor kap. pass/t	Has- tighet km/tim	Kurv- radie m	Stig- ning %	Stolp- avst. m	System- kostnad Mkr/km
FROG	asfaltytor	hjulstyrning navigering	elmotor batteri	10				30					20
Taxi2000	stålfackverk täckt trågbana	mekanisk mot skena	LIM strömskena	3	0,9x0,9	2,6x1,4x1,5	0,5-3	5400	32-80		15	18	40
ULTra	betongtråg alt. kantsten	hjulstyrning navigering	elmotor batteri	4	2,1x0,5	3,4x1,5x1,6	1-3	7200	40	5	10	20	40-75
Austrans	stålräls för griphjul	flexibel räls	elmotor strömskena	9	1,9	5,4x1,9x2,3	3	9000	18-120	8	20	20	120-150
SkyCab	stål/betong täckt körbana	hjulstyrning magnetslinga	elmotor batteri	4	1,5x0,6	3,5x1,5x1,5	1,6	7200	36	20	10	12-30	40
FlyWay	stålbalk hängbana	ledhjul i balk	elmotor strömskena	5	0,7x0,9	3,3x1,7x	2	9000		8	10	38	66
Leitner/ Doppelmayr	stålfackverk rälsbana	vändskiva	elmotor kabel	30 50		5,5x2x	24-30	4500 6000	22-30	30	15	10-30	64
RUF	monorail gata/väg	hjulstyrning magnetslinga	elmotor skena/batt	4-10	0,9x1,2	3,5x1,7x1,6	0,5	8600	30-200	26	20	20	28 dubbelbana

Tabell 4.1. Systemparametrar.

Bantyp

Alla redovisade system har vagnar som rullar på en körbana utom FlyWay där vagnkorgar hänger under en balk och FROG som kör på marken. Materialet är stål utom hos ULTra vars bana är av betong. SkyCab kan använda både stål- eller betongbana. Som stöd för rälsen hos Austrans behövs en bana av betong. Taxi2000 och SkyCab har övertäckta banor med smal öppning uppåt medan ULTras körbanor är öppna. Alla banor är öppna nedåt så att regn och snö kan dräneras bort.

Växling

Det normala är att vagnen växlar och att banan saknar rörliga delar. Austrans har rälsväxel som kräver längre tidsintervall vilket kompenseras med större fordon och samåkning. FROG, ULTra och SkyCab saknar växlingsmekanismer och växlar med navigering respektive magnetslingor.

Drivning

De flesta systemen drivs av elektriska rotationsmotorer som får sin energi från antingen strömskena eller batteri. Taxi2000 har linjär induktionsmotor (LIM) som saknar rörliga delar och är oberoende av friktionen mot banan. Leitner har kabeldrift där kabeln drivs av elmotor.

Passagerarkapacitet

Några system (FlyWay och Leitner) har flera storlekar på vagn. Vi har angett den storlek som är lämpligast för anropsstyrd trafik. Vagnkapaciteter över 4 passagerare kan sällan utnyttjas i ren anropsstyrning.

Tidsintervall

Minsta säkra tidsintervall mellan påföljande vagnar bestäms av hastighet, reaktionstid, bromsförmåga och komfortkrav. Vanligen kräver man så kallad "brickwall" säkerhet, dvs att om en vagn tvärstannar skall efterföljande vagn kunna bromsa in i tid så att allvarlig kollision undviks. Normalt är det komfortkraven vid nödbromsning som dimensionerar tidsintervallet. Därför bestäms tidsintervallet väsentligen av hastigheten och är i övrigt oberoende av system. Säkerhetsbälte eller airbag skulle möjliggöra kortare tidsintervall.

För Austrans begränsas tidsintervallet dessutom av tiden att lägga om växeln.

Teoretisk kapacitet

Den teoretiska linjekapaciteten är framräknad baserat på tidsintervall och vagnstorlek. Den praktiska kapaciteten är väsentligt lägre än den teoretiska (cirka 25 %) beroende på andelen tomvagnar (cirka 30 %) och beläggningsgrad. Vi har räknat med 2 sekunders tidsintervall för Taxi2000 och ULTra. De planerar att börja med 3 sekunders intervall för att senare trimma till kortare.

Hastighet

I många av de beskrivna systemen kan banan utformas för olika hastighet. Höga hastigheter kräver större kurvradier men ger också kortare restider och lägre vagnbehov. Höga hastigheter kräver längre tidsintervall för säkerhet och reducerar därmed linjekapaciteten.

Observera att effektiv reshastighet sammanfaller med maxhastigheten för vagnar som inte gör uppehåll under resan.

Kurvradie

Vi har återgett minsta kurvradien vilken ofta kräver nedsatt hastighet. De flesta system kan eller skulle kunna styras så vagnarna saktar in i kurvor. Samtliga system kan eller skulle

kunna luta banan i kurvor (dyrare) vilket medger högre hastighet med oförändrad komfort. Hängbanor lutar naturligt i kurvor.

Stigning

Alla redovisade bansystem klarar 10 % stigning. Så branta vägar finns normalt inte på marken. Taxi2000 och Leitner MiniMetro klarar 15 % stigning tack vare LIM respektive kabeldrift. Austrans och RUF klarar hela 20 % stigning.

Stolpavstånd

Även för stolpavstånd anges ibland flera värden. De längre stolpavstånden kräver förstärkt bana och medför högre kostnad. FlyWays balk har från början dimensionerats för längre stolpavstånd än övriga system. En praktisk gräns är tillåten fordonslängd för transport av banelement till byggplatsen.

Systemkostnad

Systemkostnaden anges som totalkostnad per systemkilometer enkelbana inklusive stationer, vagnar och styrsystem. FROG går på asfalt med enkla hållplatskurar. För ULTra avser den lägre kostnaden ett system med halva sträckningen i markplan medan den högre kostnaden avser i sin helhet upphöjd bana. För Austrans anges kostnaden för markbundet system respektive helt på högbana. För RUF anges kostnaden per km dubbelbana men exklusive fordon.

Austrans med sin dubbla vagnstorlek är ungefär dubbelt så dyr per kilometer som övriga bansystem. Det bekräftar tumregeln att bankostnaden är proportionell mot vagnvikten.

Som jämförelse beräknas en spårvagnslinje i Kungens Kurva kosta 170 mkr per km dubbelspår (ref. 16).

Samhällsekonomiska analyser visar att spårtaxisystem kan vara lönsamma med hänsyn till restidsvinster, minskad trängsel, föroreningar och olyckor ref (17, 18 och 19).

4.2. Systemskiljande egenskaper

Stationer på sidospår

För att konkurrera med privatbilen är det nödvändigt att resan kan utföras spontant (anropsstyrd), utefter snabbaste vägen och utan stopp på vägen. Då måste stationerna ligga på separata stationsspår. Utan sådana stationsspår skulle inte bara resorna ta lång tid med alla stopp utan även linjekapaciteten reduceras dramatiskt. Ändhållplatser utan genomgående trafik kan anläggas utan stationsspår.

Alla systemen utom de kabeldragna har stationerna på sidospår.

Vagnstorlek

I och med att resan skall vara anropsstyrd utan onödiga stopp blir det inte många passagerare i varje vagn - endast de som väljer att resa tillsammans. Utan samåkning kan man räkna med samma beläggning som i en personbil, typiskt 1,2 personer. Med samåkning (ref. 3) kan man i små system komma upp i en medelbeläggning av 2,4 personer under uppdrag (exklusive tomkörning). Det är viktigt att vagnarna är små och lätta eftersom banorna därigenom kan göras smäckra och billiga.

Prestanda och säkerhet under acceleration och bromsning förutsätter *sittande* passagerare. Annars skulle nödbromsningen begränsas, tidsintervallet behöva ökas och länkkapaciteten minska.

De flesta redovisade system har små vagnar för sittande passagerare (3-5 personer) och alla kan ta *rullstol* eller *barnvagn*. Åtminstone SkyCab kan även ta ombord en cykel.

Austrans har större vagnar som förutsätter samåkning och vissa extra stopp (under högtrafik) för att utnyttjas. Leitner och Doppelmayrs vagnar måste vara större eftersom de inte kan köras tätare än 24-30 sekunder.

Växling

Eftersom vagnarna är små går det åt många vagnar som går med korta tidsintervall. Korta tidsintervall är bara möjliga om vagnen växlar och banan saknar rörliga delar. Efterföljande vagnar kan då växla åt olika håll utan fördröjning. Banväxlar tar längre tid att lägga om och annalkande vagnar måste ha möjlighet att stanna i tid före växeln om den skulle haka upp sig eller stå fel. Banväxlar kräver alltså längre tidsintervall som sätter ned kapaciteten.

Alla system utom Austrans har bana utan rörliga delar. ULTra, SkyCab har och RUF har ingen växlingsmekanism alls.

Hängbalk eller stödjande bana

Även om spårtaxi kan gå på marken (med stängsel) eller i tunnel kommer högbana att vara vanligast. Av de redovisade systemen är det bara FlyWay som har hängbalk.

Hängbalk tar mera utrymme i sidled eftersom det måste finnas svajmån mot stolpar liksom mellan parallella spår (dubbelspår och stationer). Figur 4.1 längre fram jämför utrymmesbehoven.

Känslan att åka under hängbalk är annorlunda än med stödjande bana. Hängkabinen kan naturligt luta i kurvor och vid acceleration och retardation. Det minskar sidkrafterna i vagnen men kan uppfattas som obehagligt av någon.

Stationer i markplan

FlyWay har möjlighet att sänka ner vagnkorgen till markplan vid stationerna så att man slipper hissar, rulltrappor och dyra stationer. Austrans som klarar 20 % stigning kan gå ner till markplan på korta ramper. Leitners bana med fast kabel klarar samma lutning, dock inte i utförandet med kopplingsbar kabel.

Kurvradie

Kurvradien bör inte vara större än 20 meter om banan skall gå att passa in i befintliga gatukorsningar. Landsvägskorsningar har en minsta kurvradie om 12 meter i inre sidolinjen. Personbilar har cirka 5 meter som minsta svängradie.

Radien bestäms normalt av hastighet och komfortkrav i kurvor. Alla system har möjlighet att sakta in och att luta i kurvor.

Banbundna eller Dual-mode

Alla system utom RUF är bundna till sina egna bannät. ULTras bana är utformad för att kunna användas av elbilar som kompletterats med utrustning för navigering och avståndshållning. FlyWay förutser möjligheten att transportera en plattform på vilken en vanlig bil kan transporteras.

Drivning av kabel eller i fordon

Alla system utom Leitner och Doppelmayr har fordon med egen drivkälla.

Strömskena eller batteri

ULTra och SKyCab planeras för batteridrift och laddning under stillastående. Övriga eldrivna system använder strömavtagare i banan, ofta med batteri som kraftreserv.

4.3. Jämförande värdering av bansystem

Jag har subjektivt värderat styrkor och svagheter med de olika systemen. Värderingen sammanfattas i tabell 4.2 och kommenteras därefter.

	Växling nätverk	Res- standard	Väder- tålighet	Stationer på mark	Kurv- radie	Visuellt intrång	Utveckl resurser	Svensk industri
Taxi2000			+			+		
ULTra			-		+		+	
FlyWay			+	+	+		-	
SkyCab							+	+
Austrans		-		+	+	-	+	
Kabelbanor	-	-	+		-		+	
RUF	-	+	+					

Tabell 4.2. Subjektiv värdering av styrkor och svagheter.

Växling i nätverk

Leitner och Doppelmayr saknar möjlighet till växling under gång och är ännu så länge olämpliga för trafikering i nätverk. RUF växlar i låg hastighet och växlarna tar mycket plats när de är upphöjda. Man kan välja att ha färre växlar, placera dem på marken och kombinera med av- och påkörningsmöjligheter. Eftersom RUF-fordonen tar sig fram på vanliga gator och vägar behöver bannätet inte vara finmaskigt.

Resstandard

Austrans och kabelbanorna gör uppehåll på mellanstationer. RUF är det enda redovisade systemet som erbjuder direkt resa från dörr till dörr (för dem som har privata RUF-fordon).

Vädertålighet

Taxi2000 är oberoende av vägföre genom sin magnetiska drift och -bromsning. FlyWay har mycket gott väderskydd inne i balken. Leitner/Doppelmayrs kabelgrepp håller i alla väder (jämför skidliftar).

ULTras öppna banprofil kräver snöplog på vagnarna och/eller uppvärmning av banan.

SkyCabs bana har en smal springa uppåt och större öppning nedåt. Tät trafik och friktionsvärme från däcken kan räcka för att hålla banan isfri. I extrema fall (underkyld dimma) kan man behöva stänga av trafiken. Det bör gå att arrangera en mekanisk nödbromsning mot banan.

RUF har en klämbroms kring banan som river bort eventuell is.

Station i markplan

Austrans klarar 20 % stigning vilket minskar barriäreffekter om banan skall gå upp och ned från markplan.

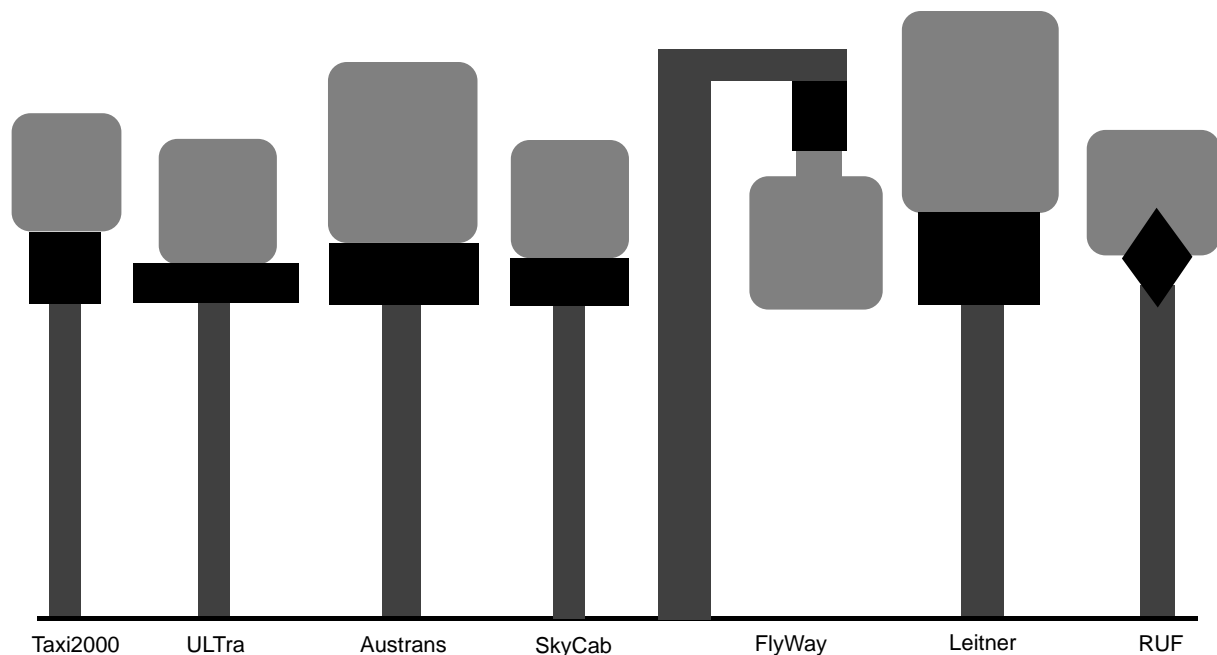
FlyWays lösning med nedsänkbar vagnkorg är den elegantaste och tar inget extra utrymme på marken utöver själva stationen. Rörelsen upp och ned tar förstås tid och minskar stationskapaciteten. Det kan FlyWay kompensera med att ha flera vagnplatser på stickspår, vilket dock kostar och tar plats.

Kurvradie

ULTra, Austrans och FlyWay klarar snävaste kurvorna vilket underlättar inplaceringen i stadsmiljön. SkyCab borde också kunna ta snäva kurvor med sänkt hastighet. Kabelbanorna är extremt dåliga på kurvtagning.

Visuellt intrång

En viktig skillnad mellan hängbalk och stödjande bana är höjden. En hängbana hamnar minst 2,5 meter högre upp än en stödjande bana med samma frigångshöjd. Man kan diskutera vilket som stör minst visuellt. I figur xxx visas de olika systemens visuella intrång (bana och vagn) i samma skala.



Figur 4.1. Profil av vagnar, banor och stolpar.

FlyWay, Taxi2000 och RUF har smäckrate banorna. RUF-banans växlar är däremot skrymmande om de byggs i luften. FlyWays stolpar är högre och kraftigare.

Austrans bana är skrymmande som en smalspårig järnväg på viadukt. Kabelbanorna är mest skrymmande med nuvarande vagnstorlekar.

Utvecklingsresurser

Kabelbanorna är längst utvecklade och beprövade bortsett ifrån att de ännu saknar växlar.

Austrans har nyligen färdigställt sin provbana utanför Sydney. RUF har en kort bansträcka och en körbar fordonsprototyp.

ULTra har finansiering för en testbana som skall byggas under 2001. SkyCab har ett industrikonsortium med resurser. Taxi2000 förhandlar med finansiärer. FlyWay arbetar med små resurser i avvaktan på kundprojekt.

Svensk industri

För oss i Sverige är det intressant att FlyWay och SkyCab är svenska produkter. SkyCab har kommit längst med att knyta till sig svensk industri.

4.4. Var passar lösningarna?

Kabelbana lämpar sig för skytteltrafik på korta avstånd. Tekniken är beprövad men går inte att bygga ut till större nät. En intressant tillämpning kan vara för att förbinda olika kvarter inom t ex ett sjukhusområde.

Spårtaxi kan utgöra enda kollektiva system i städer upp till Malmös storlek. De flesta buss- och spårvagnslinjer kan kapacitetsmässigt ersättas med spårtaxi. Med 2 sekunders tidsintervall, 2 passagerare per vagn och 30 % tomkörning fås t ex en länkkapacitet på 2500 pass/tim på enkelbana. Det finns knappast några buss- och spårvagnslinjer som har högre flöden. Med spårtaxi kan trafiken fördela sig på flera länkar vilket ytterligare ökar kapaciteten förutom att också tillgängligheten ökar.

Spårtaxi kan också *komplettera linjetrafik* som tvärförbindelse mellan kollektiva stråk eller som lokalt matningssystem till pendeltåg eller T-bana. Spårtaxi kan därmed öka beläggningen på annan kollektiv trafik genom att flera väljer att lämna bilen hemma. Med ett spårtaxinät i centrala Göteborg beräknas det kollektiva resandet inom området öka med 19 %. Samtidigt skulle kollektivresandet i resten av regionen öka med 10 % genom att bilresenärer istället väljer en kombination av buss, spårvagn och spårtaxi (ref. 6).



Figur. Spårtaxinät för centrala Göteborg

En annan intressant tillämpning för spårtaxi är lokal trafik inom flygplatsområden mellan terminaler, parkeringsplatser och olika kontor mm.

Större affärs- och nöjescentra kan också göras attraktivare med förbindelser mellan olika affärer och parkeringsplatser. Marken kan utnyttjas bättre och fotgängarvänligare med parkeringen avses.

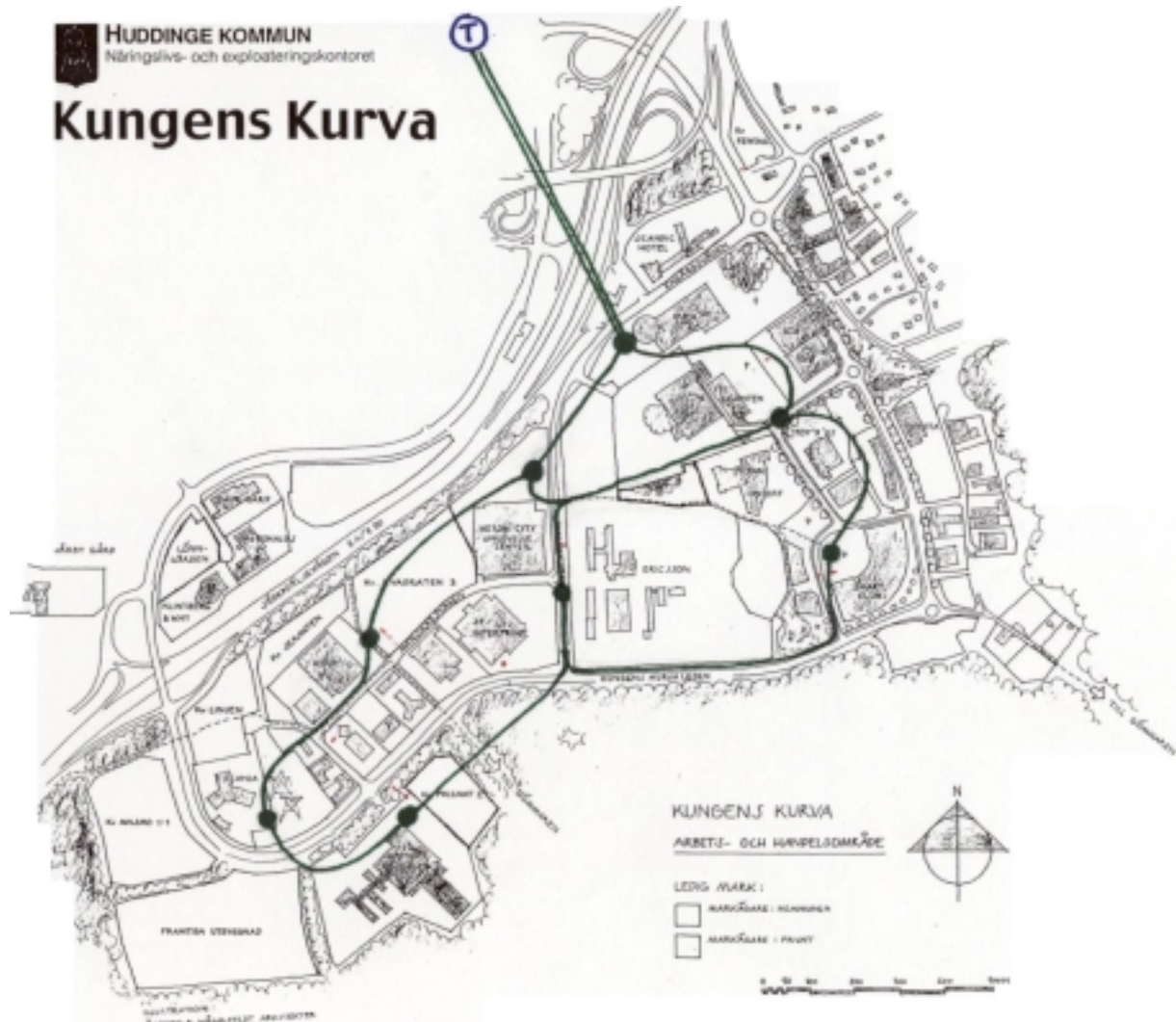
Dual-mode lämpar sig för tunga stråk med kapacitetsproblem såsom infartsleder till storstäder. I Stockholm gäller det alla de stora infartsstråken, E4 från norr och söder, E18 från väster och nordost, Nynäsvägen, Värmdövägen och Drottningholmsvägen. En dubbelbana för RUF i mittsträngen på motorvägen ger ett kapacitetstillskott som tre extra filer i vardera riktningen. RUF-banan kräver speciella fordon men behöver inte byggas ut till sammanhängande nätverk för att bli attraktiv.

ULTras bannät byggs för spårtaxi (lokala yttäckande nät) för att senare acceptera andra elbilar (som utrustats med precisionsnavigering och avståndsreglering) och byggas ut till större sammanhängande nät.

5. Fortsättning

5.1. Några aktuella tillämpningar

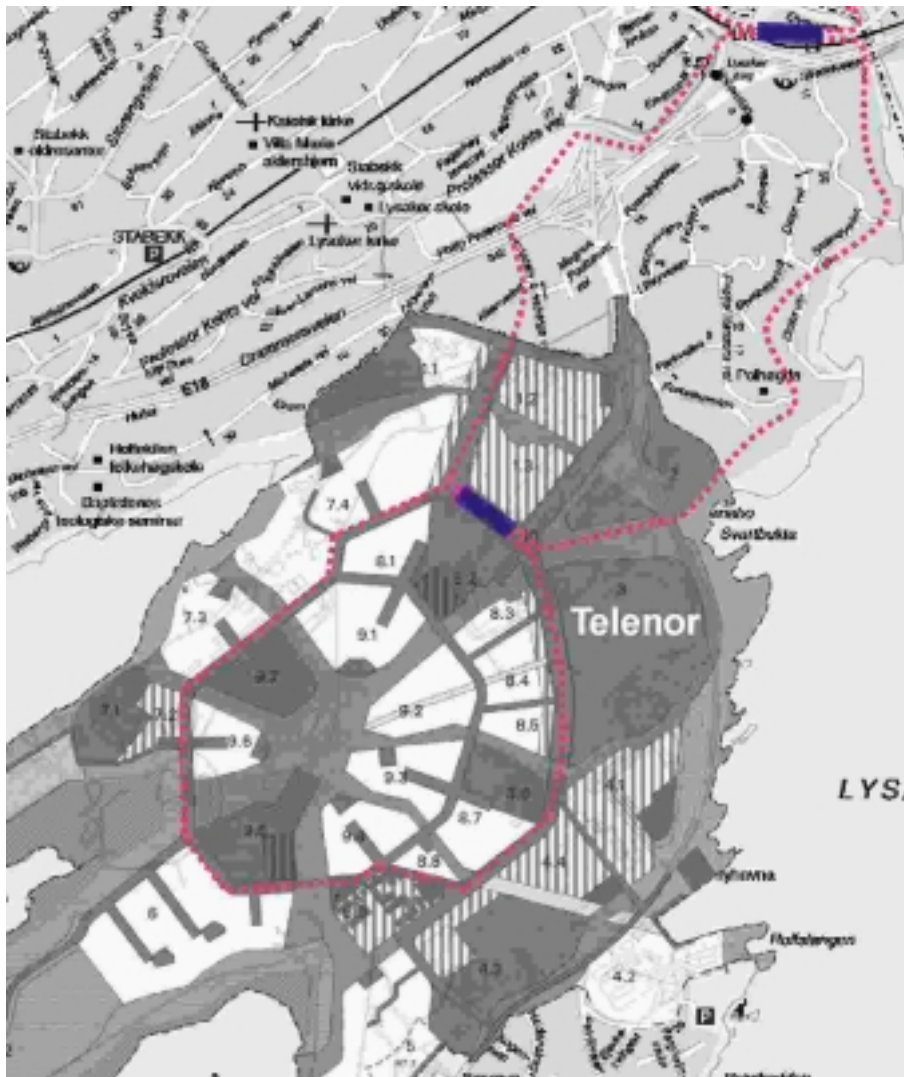
SkyCab har tillsammans med Bernhardt Arkitekter utformat och analyserat ett spårtaxisystem som tvärförbindelse mellan centrum och universitetsområdet i Linköping (ref. 13). En första etapp skulle innefatta 21 km bana, 25 stationer och 100-115 vagnar.



Figur 5.1. Förslag till spårtaxinät för Kungens Kurva (copyright Transek AB)

För Kungens Kurva utanför Stockholm har Transek på uppdrag av Huddinge Kommun studerat olika bansystem som matar till tunnelbanan i Skärholmen (ref. 16).

För Arlanda flygplatsområde behövs intern kommunikation mellan terminaler, parkeringsplatser, hotell och arbetsplatser etc.



Figur 5.2 Förslag till spårtaxinät för Fornebu (copyright Arno Mong Daastöl)

Den nedlagda flygplatsen Fornebu i Oslo exploateras med högteknologisk industri, kontor och bostäder. Spårtaxi har föreslagits för interna kommunikationer och förbindelse med Lysaker järnvägsstation.

RUF-systemet har starkt regeringsstöd i Danmark och lämpar sig för de överbelastade infartslederna till Köpenhamn.



Figur 5.3. RUF-bana för Köpenhamn

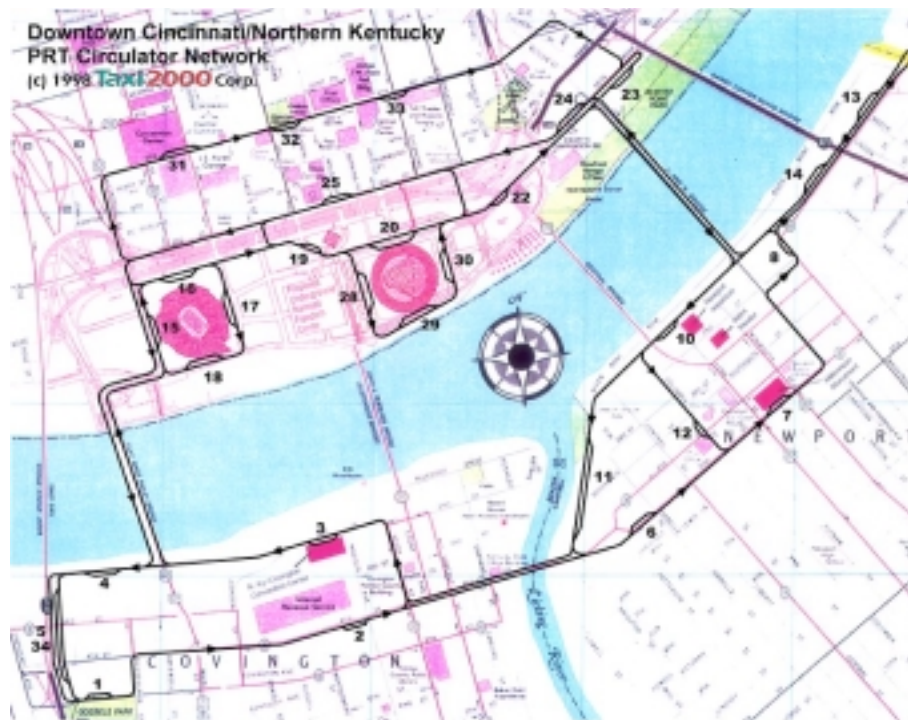
Provinsregeringen i Noord-Brabant Nederländerna har utarbetat ett ambitiöst förnyelseprogram “Passenger transport for Tomorrow” som godkändes i februari 99. Målet är ett spårtaxisystem för huvudstaden ‘s-Hertogenbosch (ref. 21).

Cardiff City Council har initierat en studie för att identifiera lämpligaste område för pilotanläggning för ULTra.



Figur 5.4. ULTra-bana för Cardiff

Singapore har uppdragit åt Austrans att tillsammans med arkitekter projektera ett kollektivtrafiksystem för området Buona Vista.



Figur. 5.5. Bannät för Taxi2000 i Cincinnati

Cincinnati i Ohio USA har efter omfattande studier valt Taxi2000 som lämpligaste högbanesystem.

5.2. Vad händer härnäst?

Mycket beror på vem som först kan erbjuda system som är provade i praktisk drift. Bland spårtaxisystemen tycks ULTra ligga längst framme. Austrans med sina större vagnar är också redo för kommersialisering. Bland Dual-mode ligger RUF främst på banan (!). Kabeldragna system är redan väl beprövade som skyttelbanor.

De beskrivna systemen kräver stora investeringar, även om de alla är billigare än spårvagn. Med nuvarande restriktioner på offentliga utgifter behövs intressenter som tillförs sådana värden att de kan vara med och finansiera en anläggning.

Medfinansiärerna kan vara markägare som står inför att exploatera ett område och göra det attraktivt. Med ett bra transportsystem kan man locka till sig hyresgäster eller ta ut högre hyror. Andra finansiärer kan vara köpmän i ett affärsområde som går samman om ett attraktivt transportsystem för att locka kunderna till sig. En flygplatsförvaltning kan finansiera systemet med landningsavgifter. Det torde vara få resenärer som har så hög tidsvärdering som flygpassagerare.

Många kommuner följer intresserat utvecklingen men ingen har ännu gripit chansen att bli pionjär. De flesta avvaktar att någon annan först ska visa att systemen fungerar. När nu flera system har eller är på väg att få provbanor och system i kommersiell drift kommer intresset snabbt att öka. Samtidigt minskar osäkerheten om såväl teknik som kostnader och nytta.

Vi står nu inför en utveckling som passar väl för svensk industri. Sverige har goda förutsättningar internationellt inom de kompetensområden som behövs för innovativa kollektivsystem:

- + fordonstillverkning
- + tele- och mobil kommunikation
- + automatisering och styrsystem
- + trafikanalys och -planering .

Om inte vi driver utvecklingen själva blir vi hänvisade till att importera de system som nu utvecklas i andra länder. Goda idéer går inte i längden att hejda. Frågan är inte om, utan var och när de första innovativa kollektivsystemen sätts i drift. Sedan kommer vi att undra varför ingen gjorde det tidigare.

6. Slutsatser

- Dagens kollektivtrafik är inte konkurrenskraftig
- Innovativa system erbjuder många av bilens kvaliteter
- ITS i biltrafiken kan överföras till kollektiv trafik
- Anropsstyrda direktresor halverar restiderna
- Småskaliga system kan ersätta bussar och spårvagnar
- Några utvecklingar är mogna för implementering
- De nya bansystemen kostar mindre än spårvagn
- Flera lämpliga applikationer finns i Sverige
- Goda utvecklingsmöjligheter för svensk industri

Referenser

1. Andréasson, H., 2000, Resenärer i bilsamhället, Doktorsavhandling Göteborgs Universitet.
2. Westerlund, Y., m.fl., 1999, Flexibel Kollektivtrafik i Göteborg, KFB-Rapport 1999:26, Kommunikationsforskningsberedningen, Stockholm
3. Andréasson, I., 1994, Studie av spårtaxi i Gävle - Analys av utbyggnadsetapper, KFB-Rapport 1995:2
4. Anderson, J. E., 1978, Transit systems theory, Lexington Books, D.C. Heath
5. Blide B., m.fl., Spårtaxi i Göteborg, Utredningsetapp 2 (kommuntäckande system), Trafikkontoret Rapport 8:1993
6. Andréasson, I., 1996, Demand modelling for PRT competing with bus and car, Proceedings of the 6th APM conference in Paris
7. Fabian, L., 2000, A planner's guide to automated people movers 2000, Trans.21, Boston
8. Andréasson, I., Spårtaxi - Ett lämpligt transportsystem för svenska städer? KFB-Rapport 1998:13
9. Andréasson, I., m.fl., 1996, Research and development in advanced transit systems - Survey of academic and industry efforts, Rapport Chalmers Industriteknik
10. Onno Pruis, J., 1999, First results ParkShuttle Operation: Passenger transport with electronical guided vehicles in Capelle a/d IJssel, the Netherlands, Advanced Netherlands Transport
11. Anderson, J. E., The Taxi2000 Personal Rapid Transit system, paper for the 8th APM conference 2001
12. Lawson, M., 1999, Personal Public Transport, Proceedings of the Institution of Civil Engineers: <http://atg.fen.bris.ac.uk/picet.htm>
13. Åredal, Å., m.fl., 1999, Att resa på ett nytt sätt i Linköping... SkyCab AB
14. Andréasson, I., 1991, Simulering av spårtaxi i Gävle, Etapp 1, TFB-Rapport 1991:25
15. Jensen, P., 1999, Basic qualities of a RUF system, Proceedings of the 7th APM conference in Copenhagen
16. Nilsson, M., m.fl., 2000, Ny Kollektivtrafik i Kungens Kurva, Transek
17. Johansson, O., 1997, Are PRT systems socially profitable? Göteborgs Universitet Nationalekonomi

18. Sundberg, J., m.fl., 1997, Pilotbana med spårtaxi - förstudie om möjligheter och förutsättningar, SLL Regionplane- och Trafikkontoret, PM nr 7, 1997
19. Tegnér, G., m.fl., 1999, Spårtaxi - ett effektivt och hållbart trafiksystem, KFB-Rapport 1999:4
20. Blide B., m.fl., 1994, Spårtaxi i Göteborg, Utredningsetapp 3 (centrala staden), Trafikkontoret Rapport nr 12:1994
21. Boelhouwer, A.J.W., 2000, Intelligent transport systems in the Netherlands: Opportunities and possibilities in regional city areas, Proceedings of the 7th world congress on Intelligent Transport Systems in Torino

Internetadresser

Systemleverantörer

www.frog.nl
www.taxi2000.com
www.atsltd.co.uk
www.aebishop.com/austrans
www.skycab.com (under konstruktion)
www.swedetrack.com
www.leitner-lifts.com
www.ruf.dk

Medborgargrupper

www.cprt.org
www.umunum.org
www.acprt.org
www.skyloop.org

Länkar till intelligenta transportsystem

faculty.washington.edu/~jbs/itrans

Förteckningar över KFBs olika publikationsserier, bl a

- Rapporter
 - Meddelanden
 - KFB-Information
 - Publikationer inom KFBs bio- och elprogram
- kan erhållas från KFB.

KFB, KommunikationsForskningsBeredningen är en statlig myndighet som planerar, initierar, samordnar och stödjer övergripande forskning, utveckling och demonstrationsverksamhet (FUD). KFBs verksamhet omfattar transporter, trafik, post- och telekommunikation samt kommunikationernas betydelse för miljö, trafiksäkerheten och den regionala utvecklingen.

KFB svarar också för information och dokumentation inom forskningsområdet.

Adress: Box 5706, 114 87 Stockholm (Linnégatan 2)

Telefon: 08-459 17 00, **Fax:** 08-662 66 09

Hemsida på Internet: www.kfb.se

e-post: kfb@kfb.se