Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen

Nr. 48 1992

RUF-systemet

Vejdirektoratet,
Hovedstadsområdets Trafikselskab

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**
Strandgade 29 · 1401 København K · Tlf 31 57 83 10

656 : 504.064.43
B19
ex.3

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 48/1992

RUF-systemet

COWIconsult A/S for
Miljøstyrelsen, Vejdirektoratet og
Hovedstadsområdets Trafikselskab

MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29
1401 København K

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

6832

Indholdsfortegnelse

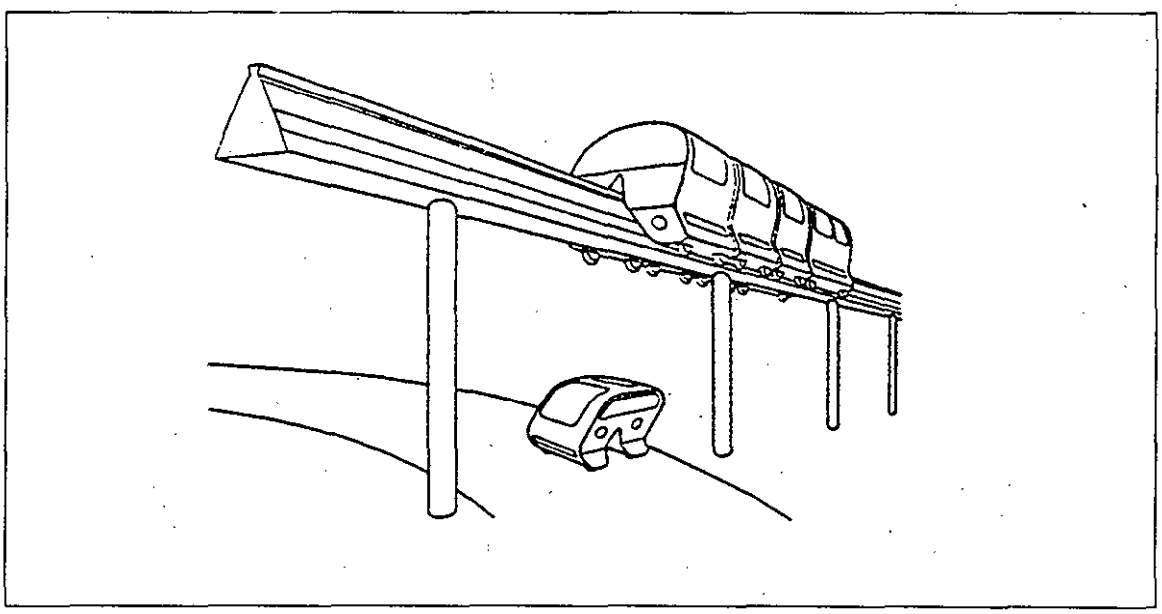
0	Forord		3
1	Indledning		5
2	Resumé af resultater samt konklusion		9
3	*Grundlæggende struktur*		17
	3.1	Ind på skinnen	19
	3.2	Kørsel på skinnen	21
	3.3	Ud i trafikken	23
	3.4	Kørsel på skinnesystemet mellem "stationer"	25
	3.5	Kapacitet	25
	3.6	Betalings-/billetteringssystem	28
4	Variable elementer vedrørende system og brug		29
	4.1	*Infrastruktur*	29
	4.2	Betjeningsprincip	32
	4.3	Brugere	35
	4.4	Integration med eksisterende systemer	39
5	Scenarier		43
	5.1	Scenarie 1	43
	5.2	Scenarie 2	45
6	Konsekvensvurderinger af scenarierne		47
	6.1	Skøn for antal brugere	47
	6.2	Trafikafvikling	49
	6.3	Energiforbrug	52
	6.4	Miljø	60
	6.5	Brugerservice	62
	6.6	Æstetik	65
	6.7	Økonomi	65
7	Liste over spørgsmål og problemstillinger, der evt. bør undersøges nærmere		69
8	Referenceliste		71

Bilag

Kort beskrivelse af RUF-systemet udarbejdet af Palle R. Jensen 73

Appendix

Opfinderens replik 75



Figur 1. RUF-systemet er et dual-mode trafiksystem baseret på en lille elbil, en RUF, som tager strøm fra den trekantede skinne eller fra små batterier.

0 Forord

De stigende transportproblemer med trængsel og forurening fra biltrafikken, som man i disse år oplever rundt om i verden, giver grobund for udtænkning af nye transportkoncepter.

Et sådant koncept er idéudviklet af civ.ing. Palle R. Jensen under navnet RUF-systemet.

RUF-systemet er primært tænkt som et bud på løsning af transportproblemerne i et storbyområde.

En RUF er tænkt på én gang som:

- et individuelt transportmiddel - et el-køretøj - som kan køre på vejnettet med op til 80 km/t og
- et skinnekøretøj, der på en kollektiv skinne kan kobles sammen med andre RUF'er i en kolonne til et "tog". Hastighed op til 200 km/t.

RUF'ens transportkoncept er så forskelligt fra det, vi kender, både som individuel og kollektiv transport, at en systematisk vurdering af, hvilke problemer RUF-systemet løser og hvilke nye problemer det eventuelt skaber, har været ønskelig.

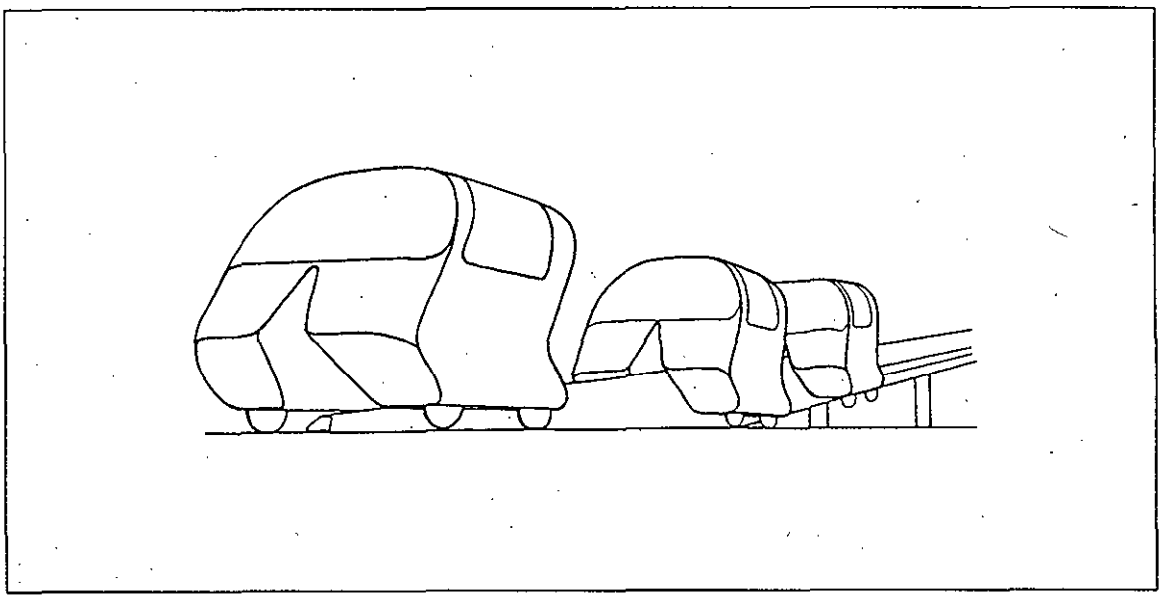
Undersøgelsen er finansieret af Miljøstyrelsen (Rådet for genanvendelse og mindre forurenende teknologi), Hovedstadens Trafikselskab (HT) og Vejdirektoratet.

COWIconsult, Rådgivende Ingeniører AS, har været konsulent på opgaven, som har haft følgende styregruppe:

- Erik Iversen, Miljøstyrelsen (formand)
- Jørgen Horstmann, Planstyrelsen
- Claus Lund, HT
- Jan Kildebogaard, Vejdirektoratet, Vejdatalaboratoriet
- Palle R. Jensen, Idéværkstedet.

Palle R. Jensen har udarbejdet illustrationerne, der beskriver RUF-systemets virkemåder, samt den korte beskrivelse af RUF'en og RUF-systemet, som er gengivet i bilaget.

Arbejdet er afsluttet i oktober 1992.



Figur 2. RUF"erne kan køre direkte fra skinnekørsel til vejkørsel og omvendt med ca. 30 km/t. Det giver mulighed for et meget flexibelt trafiksystem som kombinerer skinnekørselens miljøfordele med vejkørslens dør-til-dør muligheder.

1 Indledning

RUF-systemet er et oplæg til et transportsystem, som udnytter bilens fleksibilitet sammen med banetrafikkens energi- og miljømæssige fordele.

Hvad er en RUF

En RUF er et el-køretøj, der kan køre på vejnettet som en almindelig bil (tophastighed ca. 80 km/t) og på en speciel skinne. Som skinnekøretøj kan den enten køre alene eller sammenkoblet med andre RUF'er, som et tog.

RUF-systemet kan både bruges til individuel og kollektiv trafik.

Hvorfor hedder den en RUF?

Navnet RUF kommer af, at der på dansk er et udtryk, der hedder "i en ruf". Samtidig er en vigtig del af konceptet en skinne med form som et langt hustag (på engelsk ROOF).

RUF'en og skinnen

RUF'en er i sin mindste grundenhed udformet som et lille 4-hjulet el-drevet køretøj med plads til to personer plus lidt bagage. Forende og bagende er udformet, så de kan kobles tæt sammen. Se i øvrigt bilag.

Selve skinnen har trekantet tværsnit (se figur 3). På hver side af trekanten ligger en strømskinne., hvorfra RUF'en henter energi. Da RUF-skinnen er strømførende, skal den af sikkerhedsmæssige grunde være anbragt i over 3 meters højde eller være afskærmet.

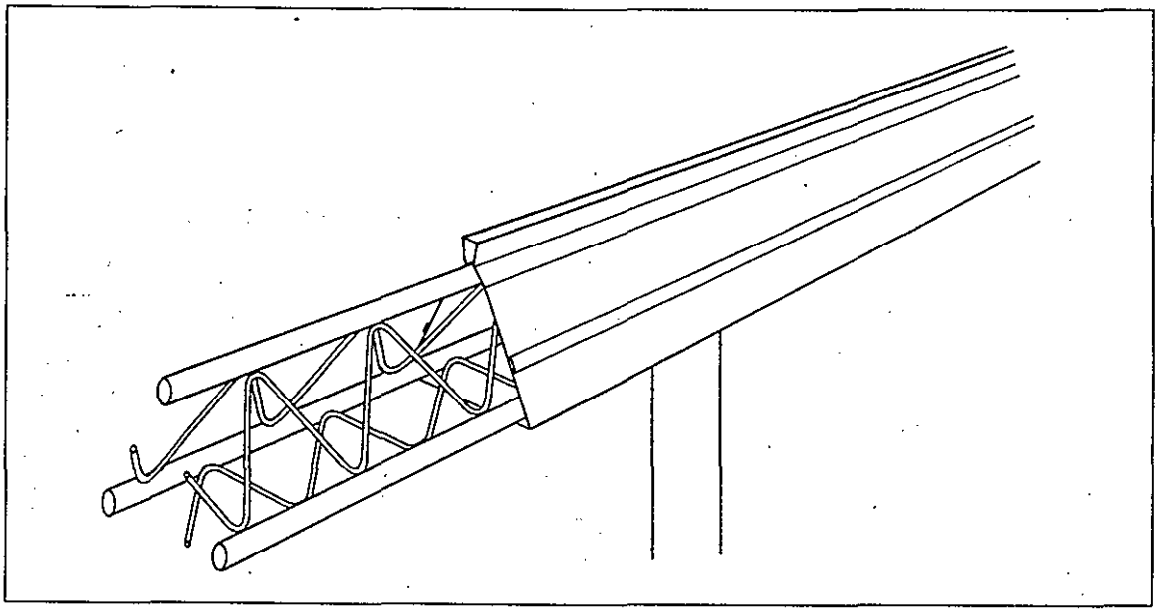
I RUF-kabinens underkant er der et trekantet indhak på langs, som passer til skinnen. Et hjul inde i RUF'en ruller på oversiden af skinnen og bærer hovedparten af vægten, mens et antal mindre hjul holder RUF'en lige på skinnen, se figur 4.

Brug

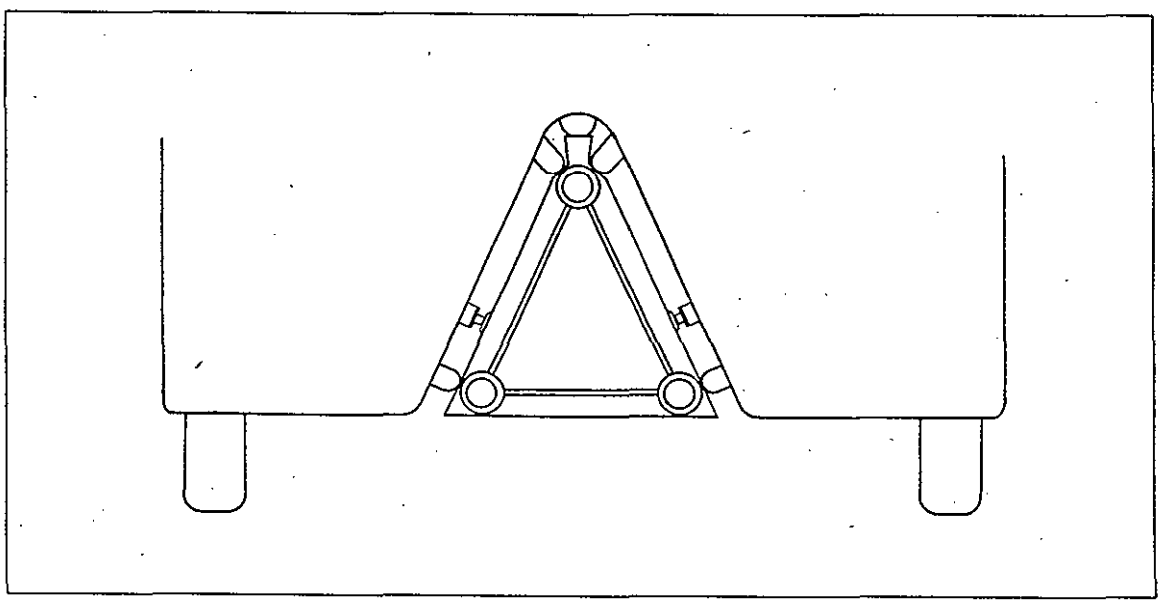
En RUF kan ejes eller lejes. Lejeprincippet indebærer, at der etableres en organisation, der opsamler og distribuerer ledige RUF'er.

Vurderingsmetode

Ved vurderingerne af RUF-systemet er der taget udgangspunkt i trafik- og byplanmæssige samt organisatoriske aspekter. Den tekniske udformning af RUF- og skinne-system berøres kun overfladisk, ved påpegning af problemer eller opgaver, som også skal kunne håndteres i systemet.



Figur 3. Skinnen er f.eks. en simpel gittermast-konstruktion beklædt med vejrbestandige plader.



Figur 4. RUF'en bæres på skinnen af et antal glatte, letløbende gummihjul. Det øverste hjul er drivhjulet, der også bærer hovedparten af vægten. Mellem de øvrige styrehjul ses slæbekontakterne, der tapper strøm fra skinnen.

Der er primært sammenlignet med dagens situation og med de to trafikformer, som vi kender: bil og kollektiv trafik.

Et helt andet valg af transportsystem og bystruktur som sammenligningsgrundlag kan måske - ligesom en ændret energisituation - give andre resultater end de her fundne.

Strukturering af rapport

Efter indledningen følger et resumé af undersøgelsens resultater og konklusioner. I selve undersøgelsen er der først foretaget en gennemgang af RUF-systemets grundlæggende struktur og variable elementer vedrørende system og brug (afsnittene 3 og 4). Ud fra denne gennemgang er det søgt at definere et funktionelt transportsystem og på baggrund heraf er foretaget en udvælgelse af relevante scenarier (København er valgt som case). Afsnit 5 indeholder en nøjere beskrivelse af disse, og så følger i afsnit 6 en analyse/konsekvensvurdering af scenarierne. Endelig findes i afsnit 7 oplæg til eventuelt videre arbejde.

2 Resumé af resultater samt konklusion

Dilemmaet i en undersøgelse af denne type er at skulle vurdere et system, hvis virkemåde kun findes overfladisk beskrevet. Det er søgt at konkretisere problemstillingerne ved udover generelle overvejelser at opstille og konsekvensvurdere 2 scenarier.

Det første scenarie består af 2 "pendler-trafik-skinner" til/fra København i 2 af de mest belastede trafik-korridorer og det andet i et system af radial- og ring-skinner i Storkøbenhavn. I begge scenarier fungerer RUF-systemet som et supplement til det eksisterende transportsystem.

I Scenarie 1 kan kun personer med kørekort benytte systemet, da man selv skal køre til og fra skinnen. I Scenarie 2 er der også tale om stationer, så ren skinnekørsel (uden krav om kørekort) kan foretages. Der er relativt langt mellem "af-/påstigningspunkter" på skinnen af hensyn til den ønskede høje rejsehastighed.

I skemaerne på siderne 11-13 er undersøgelsens forudsætninger og konklusioner anført for de enkelte effektområder.

En hovedkonklusion af dette arbejde er, at der er langt igen, før man kan tale om et gennemtænkt transportsystem.

Alt i alt kan undersøgelsens resultater opsummeres således i positive og negative udsagn:

Positivt:

- mindre energiforbrug (primært ved stor netudbygning) ved overflytning af biltrafik til RUF-systemet
- mindre luftforurening (som ovenfor)
- tidsgevinst i forhold til bil
- en skinne har større kapacitet end et motorvejsspor

- det eksisterende vejnet kan aflastes på nogle strækninger
- færre skift og kortere rejsetid end med en typisk kollektiv rejsekæde
- kørslen er privat og siddeplads er garanteret
- længere stræk uden aktiv medvirken (i forhold til bilkørsel i dag)
- bilister, der bruger RUF-systemet uden at benytte vejnettet, "fjernes" fra bycentrenes individuelle biltrafik.
- den enkelte RUF støjer mindre end en almindelig benzindrevet bil (støjniveauet langs trafikveje ændres dog ikke).

Negativt:

- store investeringsomkostninger (kræver stor satsning, før resultaterne kan opnås)
- da kapaciteten øges, skabes - alt andet lige - mulighed for mere trængsel med bil (el-bil og/eller alm. bil) i bycenteret. Hvis man vil undgå dette, må der lægges yderligere restriktioner på bilers og/eller RUF'ers adgang til vejnettet i de centrale bydele.
- lille personkapacitet i forhold til anden skinnebåren trafik
- arealkrav vil være betydelige til skinnekryds, stationer, udslusnings- og opsamlingspladser samt p-muligheder for overskydende RUF'er uden for myldretiden
- lange afstande mellem "stationer" vil betyde lange til/frabringer-rejser (evt. med bus eller som blød trafikant) og potentielt færre brugere
- vil ikke umiddelbart kunne erstatte en familie-bil
- vanskeligt at indpasse i eksisterende byområder uden at virke æstetisk belastende
- organisationstungt og omkostningskrævende ved delvis manuelt opsamlings- og distributionssystem for ledige RUF'er
- kræver nyudvikling på mange fronter på én gang
- overdækning af flettestrækninger bliver problemfyldt.

Forudsætninger	Generelt	Scenarie 1	Scenarie 2
RUF'en	2-personers elektrisk køretøj, ca. 2,5 m lang og ca. 2 m bred. Vægt ca. 800 kg. Kan køre på vej og på trekantet skinne. Tophastighed på vej ca. 80 km/t og på skinne ca. 200 km/t. Energiforbrug ved kørsel på vej er på baggrund af Ellertens energiforbrug skønnet til 0,26 kWh/ km (meget usikkert). Energiforbrug ved kørsel på skinne i kolonner med 10 RUF'er er skønnet til 0,4 x energiforbruget på vej.		
System	Supplement til eksisterende transportsystem. Relativt langt mellem "stationer" for at opnå høj rejsehastighed.	2 "pendlertrafik-skinner" til/fra København.	Radial- og ringbaner i Storkøbenhavn.
Ejerforhold	En RUF kan ejes eller lejes.	Kun eje eller langtidsleje.	Eje og leje for forskellige tidsrum samt enkeltture fra station til station.
Kørekort		Kørekort kræves.	Kørekort er ikke en nødvendighed, hvis man kun kører skinnekørsel.
Pris	Det er dyrere at køre RUF, end at køre kollektivt. En RUF koster 50.000-100.000 kr. ekskl. afgifter.		
Opsamlingssystem		Findes i meget lille målestok (til brug for langtidslejede RUF'er)	Findes fuldt udbygget.
Kapacitet	For skinnen: 3.600 RUF'er pr. time pr. retning. For udslusning: 900 RUF'er pr. time pr. spor i et signalanlæg med maks. prioritet for RUF'er.	Ind mod byen: 7.200 RUF'er pr. time (2 skinner).	Ind mod byen ca. 50.000 RUF'er pr. time.
Benyttede skøn for brugertal	Primærbrug pendlertrafik. En ejet RUF er primært bil nr. 2 i en husstand.	Ca. 10.000 rejser pr. døgn.	Ca. 200.000 rejser pr. døgn.
Skøn for investeringsniveau (baseret på skøn for billigere udgaver af eksisterende/ planlagte systemer)	Systempris (inkl. "stationer", styresystem og køretøjer): 40-80 mio. kr. pr. km dobbelt-skinnesystem.	1-2 mia. kr.	20-40 mia. kr.

Resultater	Generelt	Scenarie 1	Scenarie 2
Trafikafvikling	Problemer, hvor RUF'erne skal fra skinnerne og ud i gadenettet i byområder. Vejnettet vil kunne aflastes af skinnerne på visse strækninger.	Da RUF'erne forudsættes prioriteret ved doseringssystemet, vil der være længere alm. bilkø, hvor skinnerne slutter og lidt kortere kø på andre indfaldsveje nær skinnen.	Ekstra doseringssystem ved Søerne vil evt. være nødvendigt. Skaber mulighed for mere trængsel på gaderne i City. Der skal skaffes plads til skinnerne og til udslusningspladser m.v. Eventuelt skal der etableres bustrafik til og fra RUF-stationer.
Arealkrav	Selve skinnen fylder mindre end en vejbane og et S-banespor. Opsamlings- og udslusningspladser samt stationer vil derimod kræve betydelige arealer.		
Energi	En enkelt tur på Scenarie 1's RUF-system kan ifølge et beregningseksempel (se side 52) gennemføres med 45% af det (primær-)energiforbrug, som turen gennemsnitligt ville skulle bruge i alm. bil. Dette er brugt som forudsætning i de øvrige beregninger.	Energibesparelse (primærenergi): 2-6% af energiforbruget til biltransport i de berørte korridorer.	Energibesparelse: De beregningseksempler, der er gennemført, viser en energibesparelse i størrelsesordenen 10% af energiforbruget til biltransport i Hovedstadsregionen. Her er bl.a. ikke taget hensyn til recirkulation af tomme RUF'er.
Støj	Den enkelte RUF vil støje mindre end en almindelig benzindrevet bil. Der vil næppe være hørbare ændringer i støjniveauer på eksisterende gader og veje på grund af RUF-systemet. Op mod halvdelen af bilerne på en vej skal væk eller erstattes med elbiler, for at støjniveauet ændres hørbart.		Hvis al bilkørsel inden for Søerne erstattes af elbilkørsel, vil støjniveauet reduceres mærkbart, men det vil ikke kunne tilskrives RUF' erne alene. En RUF-skinne med kolonnekørsel vil være støjsvag i forhold til en buslinie eller et S-tog.
Luftforurening	Lokalt vil overgang fra alm. biler til el-biler betyde reduktion af emissionerne. Dette kan have betydning i spidstimen på steder, hvor der i forvejen er høje koncentrationer af forurenende stoffer i gaderummet.	Regional og global virkning er minimal.	Regionalt: Total-emissionerne i hovedstadsområdet vil falde med ca. 10%, hvis primærenergiforbruget falder med 10%. (Afhængig af brændstofvalg på kraftværker kan der ske forøgelse i emissionen af visse stoffer, f.eks. svovl og sod.) Den globale virkning er minimal.
Færdselsuheld	Muligvis en besparelse. Meget vanskeligt at vurdere, da sikkerheden nogle steder, f.eks. ved selve skinnekørslen vil blive større, mens sikkerheden andre steder i transportsystemet vil blive mindre.		

Resultater	Generelt	Scenarie 1	Scenarie 2
Brugerservice • Hastighed	Tidsgevinst ved RUF-systemet for den enkelte bruger. Afhænger af turens længde og indslusnings-/udslusningstid.	Beregningseksempel: På rejsen Holte-Hans Knudsens Plads kan spares ca. 2-3 min. i forhold til alm. bil.	Beregningseksempel: Tidsgevinsten vil blive større, når man springer en stor del bykørsel over, men evt. trængselsproblemer i bycenteret kan trække den anden vej. Beregningseksempel: Besparelse ved rejsen Holte-Frederiksberg ca. 5 min. i forhold til alm. bil.
• Komfort	Hvis man langtidslejer eller ejer en RUF, er systemet på højde med en bil. Dør-til-dør transport, når man ønsker det, er mulig. Endvidere er det ikke nødvendigt at være aktiv under skinnedelen af kørslen. Det er vanskeligt at have f.eks. barnevogn med og at følges flere end 2 sammen. Motorvedligeholdelse er simplere end ved benzinmotor. Battericheck til gengæld hyppige.		For de kollektive brugere: Da der forudsættes langt mellem stationerne, bliver tilbringertrafikken betydelig for personer, der kun benytter skinnesystemet. Systemet tilbyder siddeplads og "privat" kørsel samt hyppige afgange hele døgnet (hvis man vil døgnbemande styrecentralerne).
• Fleksibilitet	RUF'en vil som regel ikke kunne afløse en alm. bil på grund af mindre kabineplads. Kun personer med kørekort vil kunne have fuld glæde af systemet. RUF'en vil have større rækkevidde end andre el-biler i de rejserelationer, hvor skinnesystemet kan benyttes.		
• Æstetik	Højbaner i ældre byområder vækker sjældent begejstring på grund af det radikale visuelle indgreb, de repræsenterer. Hvis det på trods af de konstaterede vanskeligheder er muligt at placere banen i eksisterende motorvejs- eller banetraceer, bliver problemet mindre. I nye byer eller bydele kan en højbane måske blive et ekstra spændende element.		

Afsluttende bemærkninger og betragtninger

Den foreliggende undersøgelse har bl.a. ført til følgende yderligere overvejelser:

Mulighed for mere individuel biltrafik

RUF-systemet giver, som det nu foreligger, mulighed for at føre mere individuel biltrafik ind i bycentrene. Dette vil alt andet lige skabe større trængsel i biltrafikken. Et alternativ er at forbyde anden trafik end RUF-trafik, men dette anses ikke for et realistisk alternativ de første mange år. En anden mulighed er at holde endnu flere ikke-RUF'er ude, f.eks. ved hjælp af doseringssystemer. En tredje og måske mere hensigtsmæssig udvej er at udforme RUF-systemer således, at RUF'erne kan køre til og fra skinnesystemet på vejnettet i yderområderne, hvor der ikke er trængselsproblemer, men at der ikke gives mulighed for at komme ud på bycentrenes vejnet.

Aflastning af enkeltstrækninger

En RUF-bane kan måske også anvendes til aflastning af enkelte store trafikårer, men vil i givet fald være i konkurrence med andre kollektive trafiksystemer, både med hensyn til rentabilitet og attraktivitet. Et system med én enkelt skinne vil ikke gøre det særligt attraktivt at eje en RUF.

Svært at komme i gang

Et RUF-system, som skal kunne spare væsentlige energimængder til transport, indebærer så store investeringer, at det må formodes at være vanskeligt at komme i gang. Effekten vil være meget beskeden, hvis der ikke bygges et stort sammenhængende system.

Selv om vi ikke kender præcise anlægsoverslag, kan det også konkluderes, at økonomisk acceptable trafikbelastninger vil kræve et stort system.

Megen nyudvikling

Da der skal ny-udvikles på mange fronter på én gang, indebærer det en stor udviklingsindsats og store udviklingsomkostninger. Når så stor en del af et system hviler på nyudvikling, indebærer det større risici for at projektet strander undervejs.

Konkurrence om investeringsmidler

RUF-systemet vil skulle konkurrerer om investeringsmidler bl.a. med projekter, som omhandler forbedrede el-biler generelt, anvendelse af avanceret teknologi på motorvejsstrækninger, der muliggøre en form for kolonnekørsel på motorvejsnettet samt med andre nye kollektive systemer og modernisering og udvidelse af eksisterende kollektive systemer, f.eks. i København, med en (økonomisk billigere) udvidelse af kapaciteten i S-togtrafikken.

Fremtiden for RUF-systemet

Alt i alt peger denne undersøgelse på, at RUF-systemet er et investeringstungt system, som det vil være vanskeligt at komme i gang med i København. Der ligger et energi- og luftforureningsmæssigt besparelsespotentia-

le i anvendelse af systemet i større målestok, og den videre fremtid for systemet må bl.a. være afhængig af, hvor meget samfundet vil betale for energibesparelser.

Undersøgelsen kan ikke afvise, at der findes andre bystørrelser og bytyper, hvor RUF-systemet vil kunne fungere som supplement til andre transportsystemer evt. i en fjernere fremtid.

Konceptet er stadig under udvikling

Konceptet for RUF-systemet har ændret sig undervejs gennem undersøgelsen og vil fremover formentlig stadig udvikles. Se i øvrigt appendix. Ikke uventet er der afsløret en lang række problemer og spørgsmål som må afklares i en omfattende planlægnings- og kravspecifikations-diskussion, hvis man vil gå videre med systemet. Heri skal også indgå spørgsmål om sikkerhedskrav, lovgivningsmæssige forhold, ansvars- og forsikringsforhold og organisatoriske forhold. Det vil også være nødvendigt at etablere en forsøgsbane til afprøvning af principperne i systemet, men man bør være opmærksom på, at mange af problemerne bl.a. de organisatoriske først vil vise sig ved en mere omfattende brug af systemet.

3 Grundlæggende struktur for RUF-systemet

De grundlæggende elementer i RUF-systemet er skinnesystemet og selve RUF'en. Det er skinnesystemet og sammenkoblingsmulighederne, der får RUF-systemet til at adskille sig væsentligt fra andre el-biler.

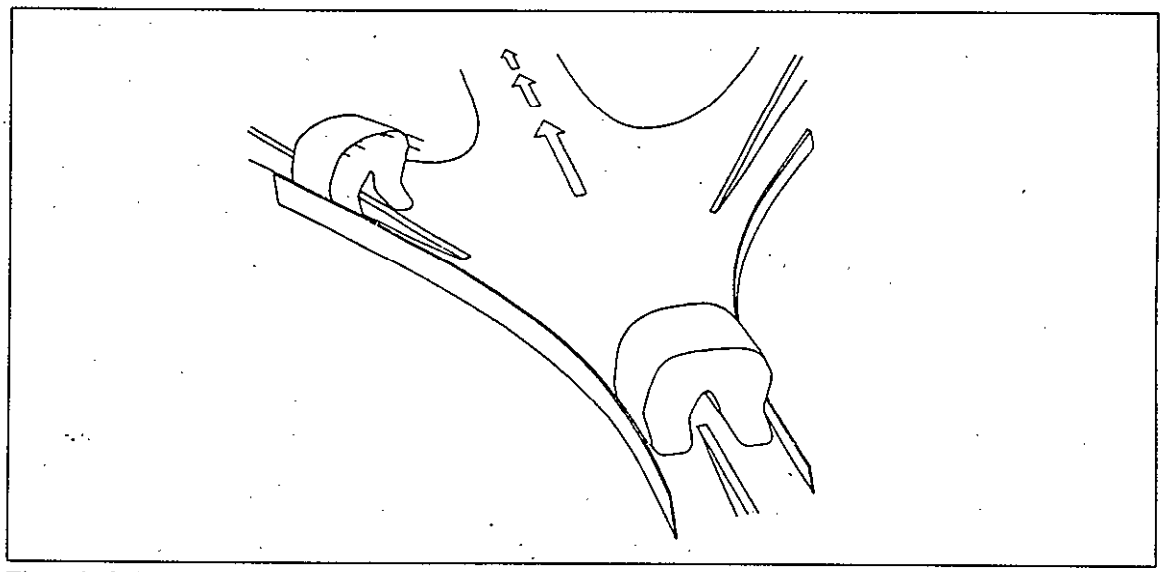
RUF'ens aktionsradius bliver væsentlig større end andre el-bilers ved samme størrelse batteri, fordi skinnekørslen ikke tapper batteriet under kørslen. Sagt på en anden måde kan RUF'en klare sig med et mindre batteri til den samme rækkevidde.

Skinnetransporten kan i princippet foregå med stor hastighed (op til 200 km/t på lange uforstyrrede strækninger).

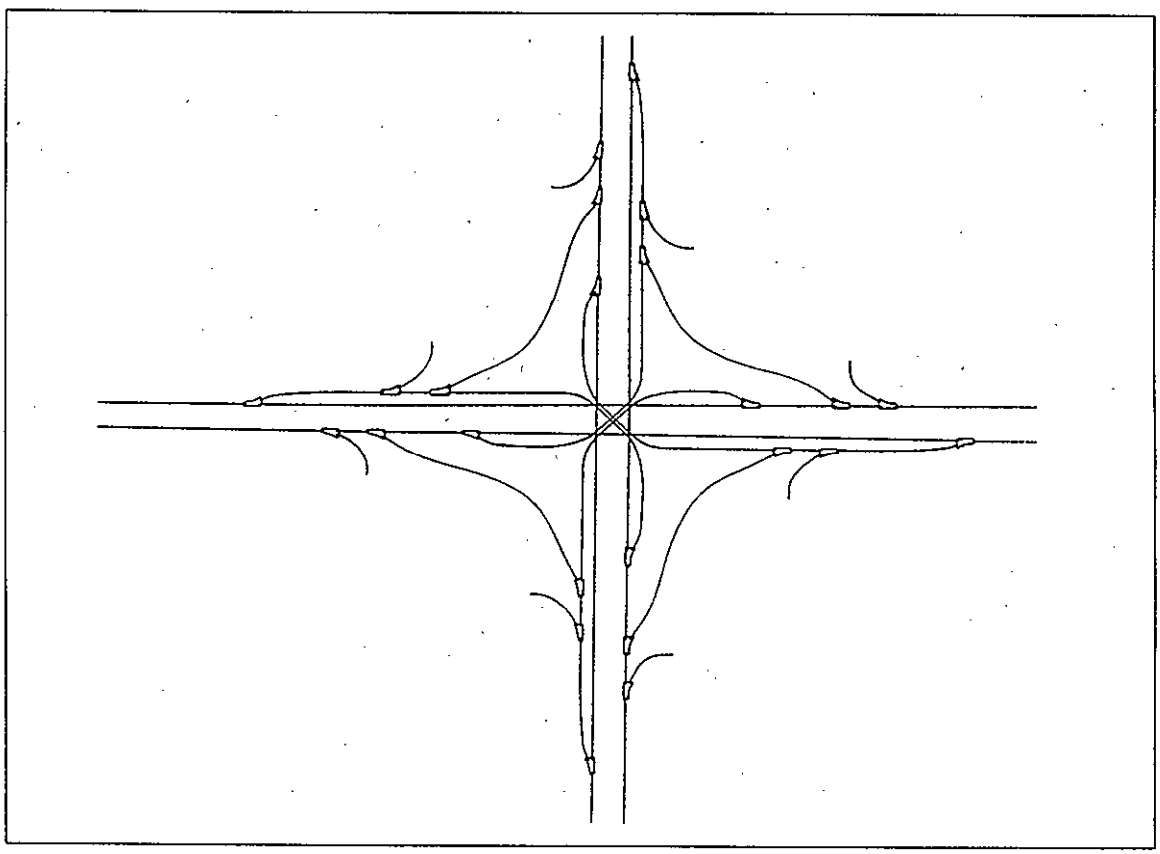
Skinnebanens (og rejsens) længde skal være væsentlig i forhold til RUF' ens rækkevidde, for at skinnefordelen kan slå mærkbart igennem over for andre el-biler.

Selve skinnen befinder sig som førnævnt i over 3 meters højde, ellers er den afskærmet.

I de følgende afsnit vurderes, hvordan systemet planlægningsmæssigt kan fungere.



Figur 5. Skinneskift sker ved at RUF'en udnytter sin mulighed for at køre på almindelig vejbane. Ankomstskinnen ophører og RUF'en vælger mellem to skinner eller forlader skinnesystemet. Der er mulighed for at lade skiftet ske automatisk, enten ved et mekanisk/magnetisk sidestyrs system, eller elektronisk. Hastigheden ved passage af flettestrækning er ca. 30 km/t. Flettestrækningerne skal være overdækkende.



Figur 6. Et "skinnekryds" mellem to dobbeltskinner kræver mange udfletningssteder, men da hastigheden er lille (30 km/t) behøver hele strukturen ikke at fylde så meget som et motorvejskryds. Krydsningen sker ude af niveau, og højdeforskellen mellem to niveauer behøver ikke at være mere end 2,5m. Kørslen gennem krydsningen foregår kontrolleret og automatisk.

3.1 Ind på skinnen

For at komme på skinnebanen køres ad en rampe ind på et stykke synkroniseringsskinne, hvor det sikres, at to RUF'er eller RUF-kolonner (fra henholdsvis hovedskinne og indfletningsskinne) altid kører forskudt i forhold til hinanden, så kollision forhindres. Herfra fortsættes til indfletningsfeltet, hvor skinnerne afbrydes ("flades ud"), og RUF'erne kører som på en vej, dog på en belægning, som består af ruller, der forhindrer utilladelig nedbremsning. På disse "vejstykker" er der sideafskærmning, som også kan have indbygget et mekanisk/magnetisk sidestyrs-system, der sikrer, at RUF'erne automatisk kan styres korrekt gennem flettestrækningen og videre ind i skinnesystemet. (Man kan også forestille sig, at styringen sker elektronisk).

Indfletningen forventes at ske glidende med en hastighed på forventeligt 30 km/t.

De RUF'er, der allerede kører på "hovedskinnen", skal således bremses ned til 30 km/t ved hvert indfletnings- og udfletningspunkt, også selv om de ikke skal "bruge" ind-/udfletningen.

RUF'erne kan køre op på skinnebanen enkeltvis, eller de kan være formeret til kolonner (ordnede eller uordnede) inden opkørslen. Eventuelt kan de enkeltkørende RUF'er sammenkobles til kolonner under kørslen på særlige dele af skinnebanen. Princippet for sammenkoblingsmekanismen er vist i figur 7.

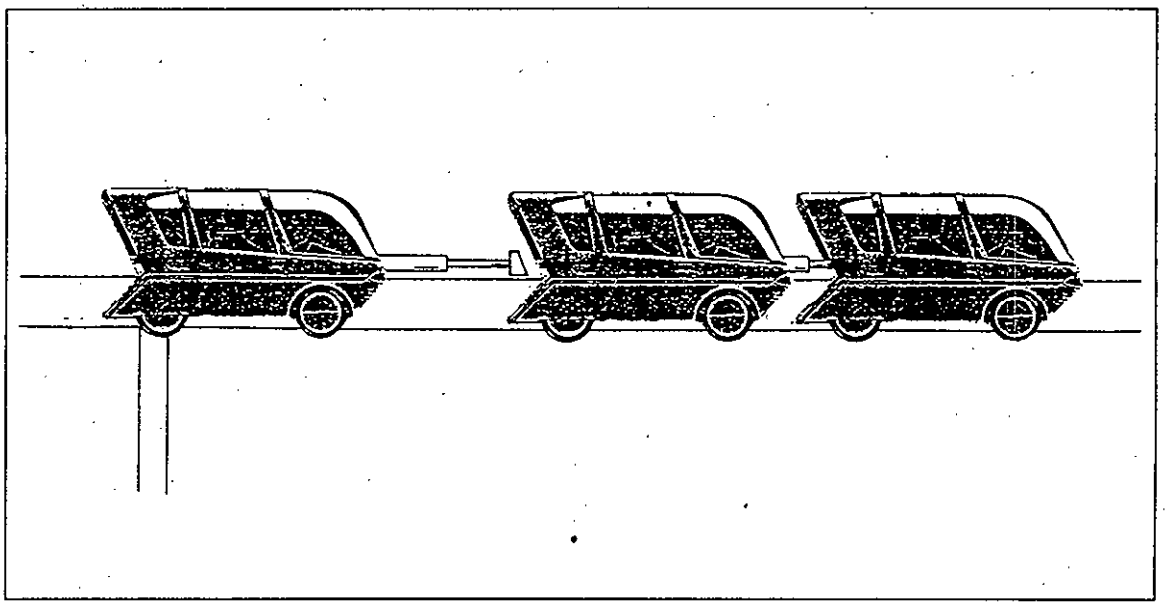
Flettestrækningen kan indrettes, således at RUF'ens fører intet behøver at foretage sig under kørslen.

Indfletningspladserne bør af sikkerhedshensyn være jævnligt overvågede, og af hensyn til eventuelt snefald bør de være overdækkede.

Også hvor en skinne forgrener sig i to eller flere retninger, "flader" skinnen ud og går over i et stykke overdækket "vej" med sidestyr, hvor udfletningen til andre skinner eller til det almindelige vejnet finder sted. Figur 5 viser en (ud-)flettestrækning med sidestyr.

Konceptets krav om overdækning af flettestrækningerne bør dog nok revurderes i en senere fase. Konstruktionerne vil ellers kunne blive meget komplekse. I figur 6 er vist en krydsning mellem to dobbeltrettede skinner.

Luftmodstanden nedsættes væsentligt, når RUF'erne kobles sammen til kolonner, hvilket har betydning for energiforbruget ved høje hastigheder.



Figur 7. Princip for sammenkobling. En teleskop-arm bringer et koblingsled i kontakt med bagsiden af den forankørende RUF. Sammenkoblingen sker ved at teleskop-armen trækker de to RUF'er stille og roligt sammen. Systemet virker samtidig som støddæmper og muliggør at flere RUF'er kan køre sammenkoblede på almindelig vej (sideværts påvirkninger af koblingsleddet styrer forhjulene).

Hvis kolonnerne dannes på selve skinnen under kørslen, bliver ventetiden mindst mulig. Man skal kun eventuelt vente på "et hul" i hovedstrømmen. Dannes kolonner uden for selve skinnebanen i den rækkefølge, som RUF'erne ankommer, bliver ventetiden lidt større. Dels skal man vente på, at der ankommer nogle andre RUF'er til at formere kolonnen (dette sker dog successivt) og dels skal man afvente et større hul i hovedstrømmen (ellers bliver hovedstrømmen mere forsinket). Dannelse af en kolonne i ordnet rækkefølge, f.eks. således at de RUF'er, der skal af systemet først, sidder sammen bagest i kolonnen osv., giver alt andet lige længst ventetid.

Hvis der skal være mulighed for at danne kolonnerne i ordnet rækkefølge, skal der være opsamlingsskinner eller et andet kolonneformerings-system ved påkørselspunkterne.

RUF'erne ankommer til opsamlingsstedet i tilfældig rækkefølge og for automatisk at kunne koble dem sammen på en ordnet måde, må der være fysisk plads. Man kan forestille sig én lang eller flere kortere kolonneformeringspladser efter følgende princip.

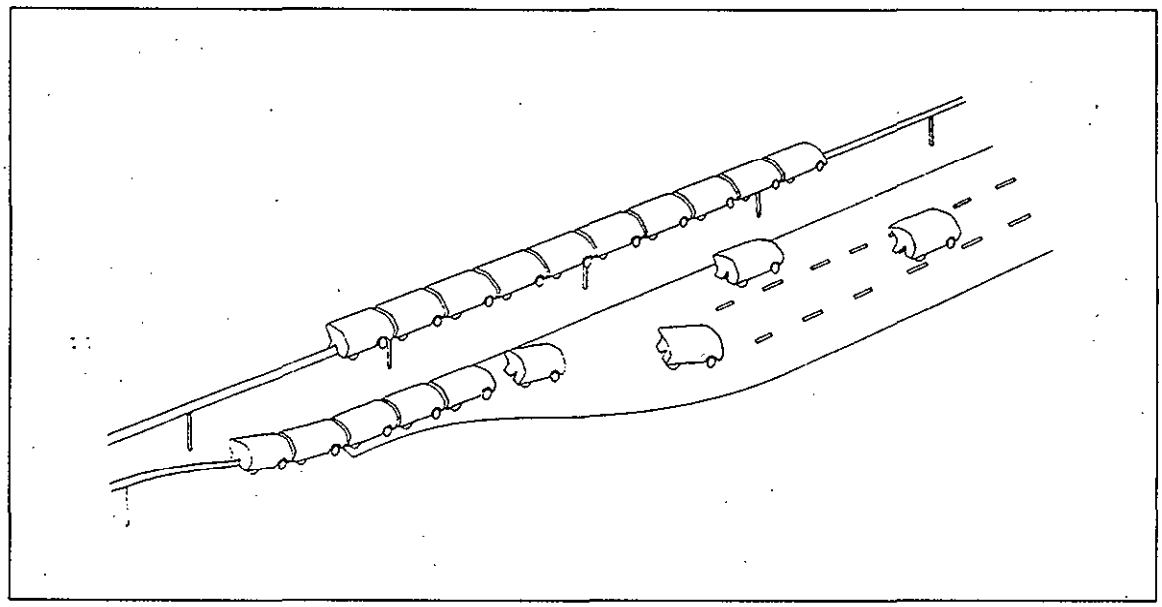
RUF'erne kører ind på venteskinnen/kolonneformeringspladsen og angiver deres bestemmelsessted til styresystemets computer. Når kolonnen skal af sted, enten fordi der er ankommet tilstrækkeligt mange RUF'er, eller fordi de, der er kommet, har ventet den maksimalt acceptable tid, sendes RUF'erne ind på skinnebanen i ordnet rækkefølge.

Hvis der er flere væsentlige tilbringerveje til systemet kan man lave opsamlingspladser i hver af disse og kolonnerne kan så evt. formeres fra flere opsamlingsskinner/-pladser.

Disse opsamlingspladser bliver ikke fysisk ubetydelige, idet de, hvis der fra én plads ønskes 25 RUF'er pr. kolonne, enten bliver små 100 m lange og 5-10 m brede eller kortere, men til gengæld bredere. Ud over plads til selve opsamlings- og formeringsskinnerne/-pladserne skal der også være ekstra venteplads de steder, hvortil der ankommer flere RUF'er, end der kan afsendes fra formeringspladsen.

3.2 Kørsel på skinnen

Ved indkørsel på skinnesystemet programmerer føreren RUF'en til at ende ved det ønskede afkørselspunkt og er så i øvrigt fri for at foretage sig yderligere i forbindelse med kørslen undervejs. Føreren kan dog (under strafansvar) gribe ind i de automatiske systemer, f.eks. hvis der opstår uventede farlige situationer undervejs. Det bør vel også være muligt at skifte mening om endepunktet undervejs.



Figur 8. Ved at lade RUF-kolonnerne forlade en skinne før de separeres, øges kapaciteten af skinnen. Frakørselsmulighederne skal være gode, da vejkørsel kræver betydelig mere plads.

Der skal normalt altid være plads til, at kolonnerne kan opløses helt inden et udfletningspunkt. Dette sætter begrænsning på hvor mange RUF'er, der kan være på strækningen. En kolonne opløses dog kun i det omfang, det er nødvendigt for udfletningen. Det er også en mulighed at lade den del af en kolonne, der skal af skinnesystemet ved en bestemt udfletning, køre samlet af systemet og så have en særlig plads, hvor opløsningen af kolonnerne kan foregå.

Strækninger med mange til- og frakørsler får væsentlig lavere hastighed end lange uforstyrrede stræk.

3.3 Ud i trafikken

Inden RUF'en sendes ud i trafikken, må føreren eventuelt efter "vækkesignal" aktivt meddele systemet, at han er klar til at overtage styringen. Hvis han undlader dette, må RUF'en blive på skinnesystemet.

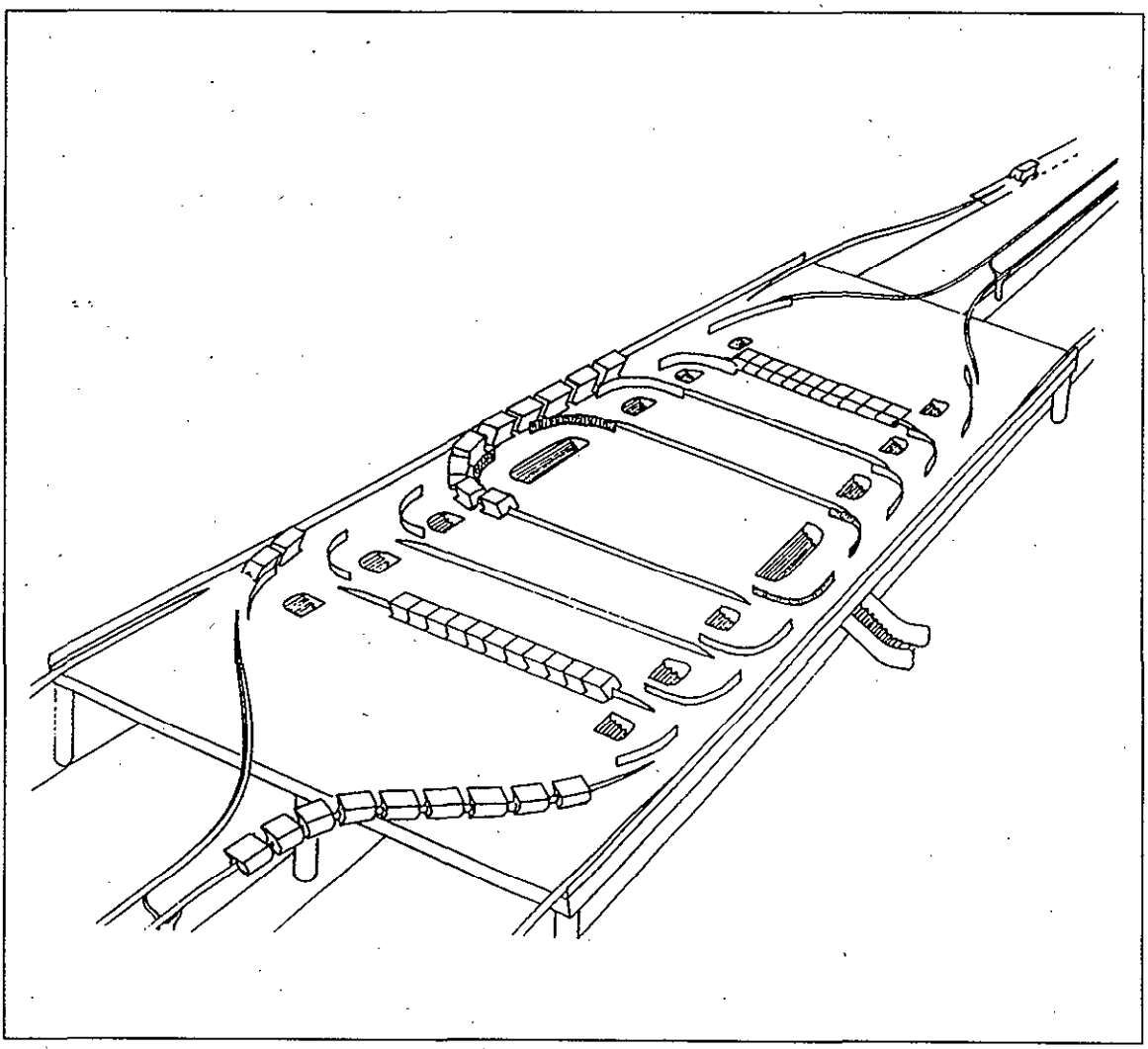
Når RUF'en når den indprogrammerede afkørsel og har været igennem udfletningen, skal RUF'en afleveres på en station eller som el-bil køre videre ud i det almindelige vejsystem til sit bestemmelsessted.

Udslusningen i den almindelige trafik er ikke trafikafviklingsmæssigt noget problem, hvis det drejer sig om få RUF'er, der skal flette ind, men forestiller man sig mange RUF'er, der på koncentrerede steder skal udsluses i myldretidstrafikken, kan det være problematisk.

Der må skaffes sikkerhed for, at der ikke på én gang er så mange RUF'er, der vil af på samme afkørsel, at "RUF-strømmen" på selve skinnebanen blokeres. Det må overvejes, om der skal være systemer, der forhindrer afkørsel, hvis en sådan situation opstår. Grunden til, at man kan forestille sig en sådan situation opstå, er, at RUF'erne skal lodses ud i den almindelige kørende trafik i myldretiden. Hvis den anden trafik er betydelig og skal holde tilbage for at give plads til RUF'erne, hver gang der er et par stykker, der "vil ind", kan det give afviklingsproblemer på det øvrige vejnet. Problemet kan måske løses ved, at afkørselsramperne gøres så lange, at de kan rumme opstuvninger af RUF'er. Det vil kræve lange strækninger med parallelle skinner inden nedkørslen.

En anden mulighed er særlige udslusningspladser, hvor RUF'erne kan vente på indslusning i den almindelige trafik. Det er muligt fra sådanne pladser at give 1. prioritet til RUF'erne, hvis det ønskes.

Der har været nævnt muligheden for at føre afkørselsskinner til terræn mange gange hen ad en strækning, f.eks. efter hvert lyssignal for at sprede



Figur 9. Principskitse, der viser dele af princippet i RUF-afviklingen på en stor (ca.100 x 50m) RUF-station. Man forestiller sig, at en stor RUF-station evt. kan bygges henover en bred 4-sporet vej. Stationen har flere forskellige funktioner. Dels kan den bruges ved af- og påstigning i CITY, dels kan den bruges til kolonnedannelse. Et RUF-tog kan vende og returnere til udgangspunktet enten helt eller delvis. Fra vejbanen kan man køre op på skinnesystemet i begge retninger. Automatikken sikrer, at det hele går automatisk indtil det øjeblik, hvor man evt. skal ud på vejnettet. Ved skarpe drej skaber koblingsleddet et passende afstand mellem RUF'erne.

Tilgangen til stationen kan ske fra begge vejsider. Der kan evt. være rullende trapper fra gadeniveau. Hele strukturen bør være overdækket af hensyn til vejrliget. Der er ikke taget hensyn til passager-flow'et (strømmene) på stationen.

En sådan station bør placeres på et sted, hvor der er gangafstand til mange arbejdspladser.

antallet af RUF'er, der skal ud i den almindelige trafik, men det vurderes, at dette vil være for pladskrævende i tættere bydele og forvirre trafikafviklingen. Selve udslusningen (steder og metoder) må overvejes nøjere.

3.4 Kørsel på skinnesystemet mellem "stationer"

RUF-systemet kan også anvendes som et mere traditionelt "tog-system", hvor RUF'erne afgår fra og til "stationer" på skinnesystemet.

Kolonnekørsel

For at opnå den mest økonomiske kørsel kan der på "stationerne" formeres kolonner af RUF'er, der kan fremføres med en mindre luftmodstand, end hvis RUF'erne kører enkeltvis. Dette betyder, at RUF'en ikke afgår straks, når man sætter sig ind, men venter til kolonnen har en passende længde, eller ventetiden når en på forhånd vedtaget maks. ventetid.

Hvis det ønskes, kan systemet indrettes således, at en travl person, mod at acceptere en højere betaling, kan starte en "ufærdig" kolonne og dermed komme af sted med det samme. De, der allerede er i kolonnen, kommer med til almindelig pris. Kolonnerne kan også her formeres tilfældigt eller ordnet efter bestemmelsessted, herom senere.

Vigespor

En RUF-station må indrettes med vigespor til af- og påstigning, hvis ikke den/de efterfølgende delkolonner, enkeltkørende RUF'er eller kolonner skal sinkes af forankørendes stop på for dem "ligegyldige" "stationer".

Indstigningsforhold

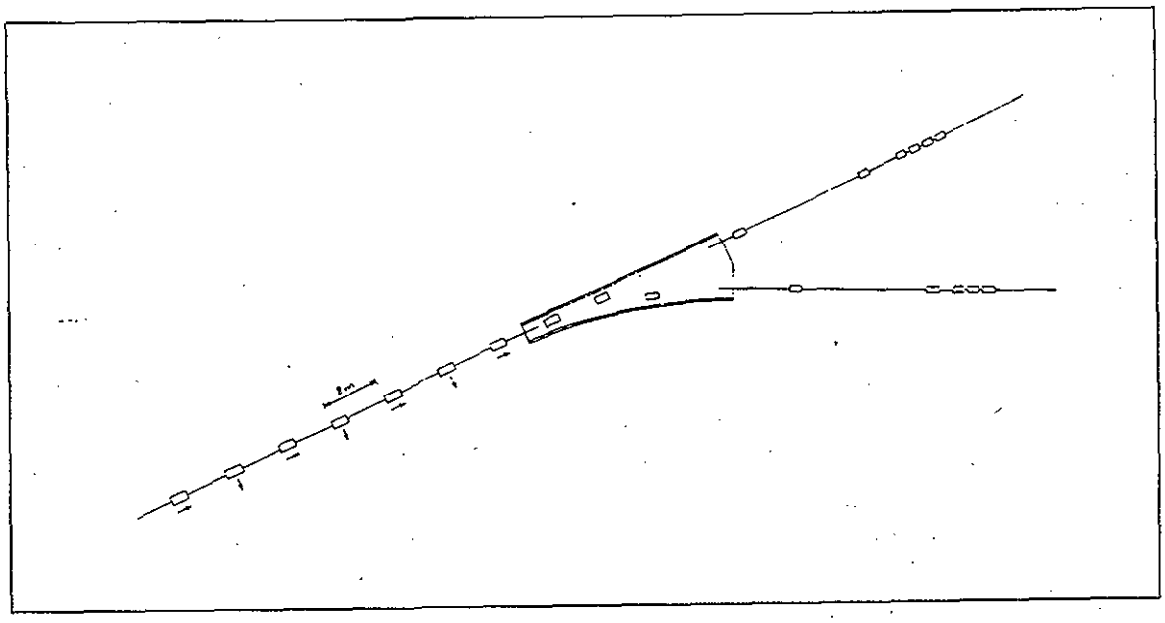
Eventuelt må RUF-stationerne have dobbeltperroner i hver retning, da det ellers vil være besværligt at besætte pladsen længst væk fra indstigningssiden. (Det vil være som at sætte sig ind på forsædet af en bil fra den forkerte side og skinnehakket kan også udgøre en forhindring). RUF-stationens længde afhænger af det antal enheder, som man vil kunne afsende/modtage. Hvis man f.eks. vil sende kolonner på 25 RUF'er af sted, vil man skulle have perroner af ca. 70 m's længde. Til få enheder kan der laves korte perroner, måske ned til 10 m.

Plads til ledige RUF'er

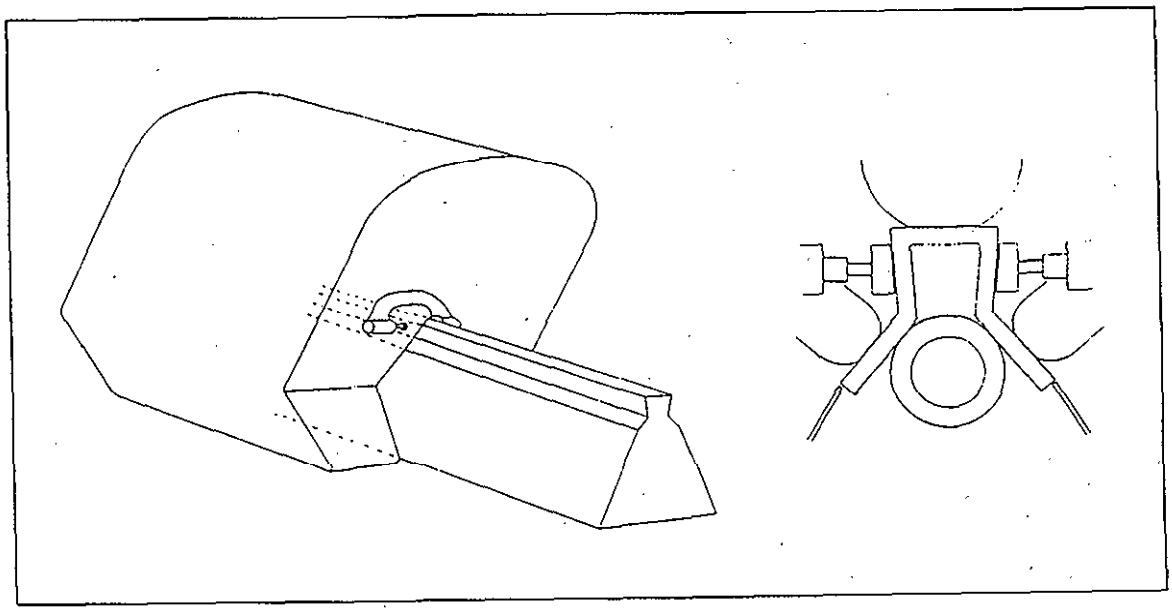
Der må etableres parkeringsspor til de ledige RUF' er. Specielt uden for myldretiderne må der forventes at være mange af disse.

3.5 Kapacitet

Kapaciteten for RUF-systemet afhænger af mange parametre. Hvor mange enheder, der kan transporteres gennem systemet i den udformning, hvor også vejnettet bruges, afhænger primært af hvor mange, der kan føres videre ud i trafikken efter afkørsel fra skinnesystemet.



Figur 10. Ved uintelligent kolonnedannelse kan man risikere, at hver anden skal dreje fra, således at kolonnen skal opløses helt. Denne situation giver skinnen en kapacitet på 3.600 RUF/time ved en udfletningshastighed på 30 km/t.



Figur 11. Når RUF'en kører på skinne, bremser den enten regenerativt via skinnehjulene eller ved hjælp af den særlige skinnebremse som klemmer direkte om toppen af skinnen. Dette princip muliggør en meget effektiv nødbremsning.

Selve skinnens kapacitet er bestemt af hvor mange enheder, der kan passere flettestrækningerne (med 30 km/t). Hvis RUF'erne kører individuelt med 1 sekunds afstand fra midten af den forreste til midten af den efterfølgende RUF, hvilket konceptet opgiver som værende teknisk og sikkerhedsmæssigt muligt på grund af en særlig skinnebremse (figur 11), kan der afvikles 3.600 RUF'er pr. time pr. retning. Da RUF'erne antages at være 2,5 m lange, betyder dette, at der er 5,5 m fra den ene RUF's bagende til den næste RUF's forende.

Hvorvidt det i praksis vil blive tilladt med denne afstand mellem vognene, svarende til mindre end 1 sek. mellem enhederne (selv om det teknisk viser sig muligt), vides ikke.

Også ved almindelig kolonnekørsel (tilfældigt sammensatte kolonner) vil denne kapacitet være gældende, da der skal være plads til, at en kolonne kan opløses helt, hvis f.eks. hver anden RUF skal af ved den pågældende flettestrækning.

Ønsket om at kunne formere intelligent sammensatte kolonner af RUF'er bunder primært i et ønske om at øge skinnens kapacitet. Selv om en kolonne fra starten består af 25 RUF'er, vil den blive decimeret undervejs, og da kolonner ikke umiddelbart kan kobles sammen med andre kolonner, hvis den intelligente formering skal opretholdes, kan en teoretisk maksimum kapacitet **for skinnen** (9.000 RUF/time ~ RUF-kolonner à 25 enheder med en afstand på 16 m mellem kolonnerne, i alt 80 m pr. kolonne) ikke opnås i virkelig trafik.

Ved en udnyttelse af systemet, hvor det ikke er nødvendigt med intelligent formering af kolonner, men hvor det til gengæld er muligt at formere kolonnerne tilfældigt efter ankomst under kørslen eller lige før opkørslen på skinnen, bibeholdes maks. fleksibilitet.

I de videre beregninger er kapaciteten sat til 3.600 RUF'er pr. time pr. retning.

Kapaciteten for kørsel mellem stationer - altså ved brug af RUF-systemet, som kollektivt trafiksystem - afhænger ud over af det forannævnte, af hvor mange personer, man regner med at kunne transportere med hver RUF.

Da RUF'erne er små, må det være et krav, at man altid enten kører alene eller med selvvalgt selskab og kapacitetsudnyttelsen vil derfor ligge tæt på (lidt over) 50%, selv om man får løst problemet med indstigning ved perron. (Her er ikke taget hensyn til evt. recirkulering af tomme RUF'er).

Stationer til brugere, der ikke selv kører RUF'en af eller op på skinnen, må efter princippet om intelligent formering af kolonner også have et ekstra formeringsspor efter samme princip som vist for opsamlingspladser-

ne, hvilket gør stationen bredere. I forvejen er kolonner med 25 RUF'er nok ikke realistiske her, da perronerne så vil blive mindst ca. 70 m lange og stationerne derfor temmelig kostbare.

Ved kolonner af prædestinerede enheder, hvor passageren, når han træder ud på perronen, kan se, hvilken RUF han skal stige ind i for at komme til den ønskede station, behøver man ikke ekstra spor. Dog kan man så komme i den situation, at der enten er optaget i de RUF'er, der kører til det ønskede bestemmelsessted, så passageren må vente, eller at kolonnen ikke kan formeres intelligent, fordi der ankommer flere passagerer end beregnet til bestemte destinationer.

Eksempel: Der holder en kolonne på en station og der ankommer 3 personer, der ønsker at komme til stationerne a, b og c. De bliver så henvist til RUF nr. 1, 4 og 6, fordi det er et sandsynligt destinations-fordelingsmønster. Hvis de næste 3 personer/par, der ankommer, vil til station a, er der ikke plads til den sidste, og han må enten vente til næste kolonne eller bryde ind i den intelligente formering.

En kolonne med prædestinerede enheder kan komme til at køre med ubesatte enheder. Ønsket om at kunne formere intelligente kolonner for at øge kapaciteten i selve skinnesystemet bevirker, at systemets fleksibilitet formindskes, samt at der indføres ekstra ventetider.

3.6 Betalings-/billetteringssystem

Brug af RUF'en tænkes betalt ved anvendelse af betalingskort (Dankort, møntkort, o.l. smart cards). Kortet kan eventuelt også fungere som nøgle til bilen.

4 Variable elementer vedrørende system og brug

Den grundlæggende struktur giver RUF-systemet mulighed for brug på forskellig måde. Her behandles forskellige variable forhold ved selve RUF-systemet eller ved brugen af systemet, og det forsøges at konkludere, om de forskellige brugsmåders relevans.

4.1 Infrastruktur

4.1.1 Enkelt- eller dobbeltrettet trafik på skinner

En strækning kan i princippet betjenes af en eller flere skinner. Hvis der kun er tale om én skinne, må der planlægges og udarbejdes en "køreplan" for, hvornår skinnen tager trafik i den ene og den anden retning. I princippet vil der så også blive tale om et "tømningsinterval", hvor man ikke kan komme på skinnen, hverken i den ene eller den anden retning.

Hvis der kun er *én skinne, må man inden* en tur først undersøge, om skinnen tager trafik i den ønskede retning på det pågældende tidspunkt, ellers må man bruge det almindelige vejnet.

Hvis der altid er mindst én skinne med trafik i hver retning, er der ingen problemer med "køreplaner".

En tredje skinne kan om nødvendigt bruges til spidsbelastninger, f.eks. kan den være retningsstyret ind mod byen om morgenen og ud af byen om aftenen. En sådan reversibel skinne (dette gælder også, hvis der kun er én skinne), vil have vanskelige til- og frakørselsforhold. Opkørselsramper kan ikke umiddelbart benyttes som nedkørselsramper på grund af problemer med ud- og indfletning. Et eksempel: Hvis man har en udfletningsrampe, der sluser biler ud i en bygade, sker det i højre kørespor og her kører de RUF'er, der skal den anden vej ikke. "Dobbelte ramper" og styring af tilkørsel, med hensyn til hvornår der må køres ind og hvornår der er lukket, vil være nødvendig.

Det anbefales, at der minimum er 2 skinner i hver trafikkorridor, således at det altid er muligt at komme begge veje.

4.1.2 Hurtig skinne/langsom skinne

Som ovenfor nævnt afhænger hastigheden på skinnen af, hvor mange flettestrækninger der skal passeres undervejs, idet hastigheden sænkes (til f.eks. 30 km/t) ved alle flettestrækninger. Dette har affødt en idé om en hurtig skinne med få muligheder for at komme af og på og parallelt hermed en langsom skinne til de kortere rejser.

Jo færre muligheder, der er for at komme af og på skinnen, jo færre vil bruge den, så en behovsvurdering er vigtig.

Sammenholdt med de ovenstående betragtninger om dobbeltrettet skinnetrafik, kan det så blive nødvendigt med 4 skinner i en korridor, hvis man vil give de langdistancerejsende mulighed for at udnytte systemets maksimumhastighed. Ellers kan man måske klare sig med 3 skinner, hvoraf 1 er en reversibel hurtigskinne.

Både et system med kun "langsomme skinner" og et system med "hurtige og langsomme skinner" vurderes at kunne anvendes. Hvor mange skinner der skal være i de enkelte relationer, må afhænge af bl.a. antal brugere og det ønskede serviceniveau.

Hvis der skal formeres intelligente kolonner til både en hurtig og en langsom skinne, kompliceres systemet yderligere.

4.1.3 Højbane eller bane i niveau

Da skinnen er strømførende, skal den af sikkerhedsmæssige grunde enten være afskærmet eller være placeret i over 3 meters højde.

En afskærmet skinne i terræn vil virke som en barriere for eventuelt krydsende trafik.

En skinne, der befinder sig mere end 3 m oppe i luften, har ikke denne barriere-virkning. Hvis søjlerne, der bærer skinnerne, skal stå langs gader og veje, hvor der er risiko for påkørsel fra anden trafik, skal de kunne modstå sådanne påkørsler, ellers vil skinnesystemet bryde sammen. Søjlerne skal endvidere placeres på en sådan måde, at de ikke er til fare for færdslen i gadeplan.

Højbanen opbyder et andet sikkerhedsproblem, nemlig hvordan man kommer ud af en RUF og ned i gadeplan, hvis der opstår behov herfor, f.eks. i tilfælde af brand.

Hvis der blot er tale om driftsstop, kan en bagfra kommende RUF skubbe den havarerede RUF frem til et sted, hvor man kan få hjælp. Dette kræver dog, at systemet er overvåget, således at der kan sendes en "hjælpe-RUF" afsted, hvis man f.eks. går i stå om natten, og der ikke bagfra kommer nogen almindelig RUF, der kan skubbe.

En højbane vurderes i mange sammenhænge som mest fleksibel set i sammenhæng med anden trafik, men man kan godt forestille sig kombinationer af højbaner og bane i niveau, f.eks. med overvejende højbane i byområder og overvejende bane i niveau i åbent land.

Hvor langt, der skal være til bebyggelse ved en højbane, må overvejes.

4.1.4 Linieføring

I smalle gaderum kan det blive vanskeligt at skaffe plads til RUF-skinnerne, med mindre man tager af vejarealet. I første omgang vil man derfor nok vælge traceer med rimeligt brede tværprofiler. Endvidere er det vigtigt, at der er få broer og tunneler i traceen. Hvis der ikke er plads (både i bredden og i højden) i profilet under en bro eller i en tunnel til, at RUF-skinnen kan komme med under broen/igennem tunnelen, må skinnen føres over broen/uden om tunnelen på meget høje søjler eller slå et stort sving væk fra traceen og tilbage igen. Netop i bane- og motorvejstraceer er der mange broer, så snart man nærmer sig de tættere bydele, så disse er nok mindre velegnede.

Det vurderes, at de færreste broer og tunneler er bygget med større fritrumsprofil end nødvendigt, hvorfor der sjældent vil være overskydende plads. Det vil nogle steder være muligt at gøre fritrumsprofilet bredere, men det vil være sjældent, at det ikke er forbundet med meget store omkostninger. Alternativt må man reducere bane- og vejkapaciteten eller "skyde" et tunnelrør gennem bygværkets dæmning.

Motorveje og jernbaner danner i forvejen kraftige barrierer. Det er derfor nærliggende at tænke sig RUF-skinnerne placeret her, men det vil nok linieføringsmæssigt være nemmere at lade RUF-skinnerne følge det øvrige vejnet. Dette bringer den søjlebårne bane i tættere kontakt med boligområder. Her skal man så have accept af den visuelle nyhed i bybilledet samt fornemmelsen af de i 1. sals højde forbi-kørende RUF'er. Nogle vil finde det spændende og andre vil finde det generende at have en højbane tæt forbi deres boliger/ejendomme.

Nogle steder vil RUF-skinnerne kunne forløbe i niveau, f.eks. (godt afskærmet) i midterrabatter. Dog vil midterrabatter ikke altid forløbe ubrudt på en strækning, f.eks. kan der stå bropiller i midterrabatten.

Man kan også vælge at inddrage et motorvejsspor til en RUF-bane, men dette forudsætter, at RUF-banen er i stand til (her tænkes bl.a. på tilkørselsforhold og hastighed) at overtage den derved forhindrede biltrafik, eller at biltrafikken allerede generelt er dæmpet.

Det er også en mulighed at lade RUF-skinnerne gå gennem de grønne områder. Skinnekørslen forventes at blive støjsvag, så støj skulle ikke blive et større problem, men visuelt og psykologisk vil det blive et mærkbart indgreb.

Det vurderes som mest relevant at lade RUF-skinnerne følge det almindelige vejnet, overvejende på strækninger med brede tværprofiler. Måske må man nogle steder inddrage grønne områder.

Det har ikke ligget inden for denne opgaves rammer at udpege konkrete egnede traceer.

4.2 Betjeningsprincip

Betjeningsprincipperne, der behandles her, omfatter et indfaldsvejs-system, der primært tager sigte på at betjene pendlertrafik til og fra et bycenter, et system til betjening af intern bytrafik og et system til langdistance-trafik.

4.2.1 Indfaldsvejs-system

Hermed menes et system, som primært tager sigte på at befordre trafikanter mellem bopælen i omegnen og til bycenteret. Et indfaldsvejs-system er primært tænkt som en forøgelse af kapaciteten i transportsystemet ind mod byen.

Skinnerne ligger i byfingrene og går gennem og forbinder områder med kraftig pendlertrafik. Områder, der er dårligt kollektivt betjent, har alt andet lige et særligt stort potentiale.

Indfaldsvejs-skinnerne tænkes i en senere fase forbundet til et overordnet net.

Man kan vælge at lade skinnerne slutte inde midt i byen. Dermed vil en del trafikanter komme tæt på deres bestemmelsessted og få korte afstande, der skal tilbagelægges, når man har forladt skinnen. Andre, som ikke har mål tæt ved forløbet af den skinnebane, som de har mulighed for at tage i nærheden af deres bopæl, vil få lange til- og frabringerrejser på vejnettet.

At skaffe mulighed for mere individuel biltrafik til København i myldretiden synes ikke at være en god idé.

Som vejsystemet fungerer i dag i København, bliver bilisterne ved hjælp af lyssignalreguleringerne på indfaldsvejene kun lukket ind i det tempo, som gadenettet inde i byen kan afvikle trafikken. Dette er den primære grund til kødannelserne i myldretiderne på de københavnske motorvejes afslutninger. Hvis der blev lukket flere ind, ville der meget nemt opstå propper inde i byen, hvor kødannelser er mere uønskede.

Føres RUF'er i større mængder uden om indfaldsvejskøerne og ind i byen, vil sandsynligheden for trafiksammenbrud inde i byen blive væsentlig større, hvis man ikke holder endnu flere bilister tilbage på indfaldsvejene.

En anden mulighed er at lade skinnerne slutte længere ude. Herved tvinges RUF'erne på et tidligere tidspunkt at fordele sig ud i vejnettet. De opererer så herfra på lige fod med almindelige biler, men har haft fordelen af skinnetransporten.

Endelig kan man forestille sig, at RUF-skinnerne slutter langt inde i byen, men at der ikke er mulighed for at køre ned af skinnen og ud på vejnettet. Man slutter således på en "(ende)station" og må herfra komme til bestemmelsesstedet på anden vis. I omegnen er der stadig mulighed for at køre til og fra det almindelige vejnet.

Indfaldsvejs-systemet kan suppleres med ringlinier, som kan skabe forbindelser mellem de enkelte radialer og skabe mulighed for RUF-skinnetrafik uden om de tættere og tætteste bydele.

4.2.2 Intern bytrafik

RUF-systemet er ikke tænkt at skulle virke som et internt bytrafiksystem, da der regnes med relativ stor afstand mellem "stationerne" og til- og frakørsler.

Hvis man forestiller sig, at skinnenettet udbygges til også at kunne betjene intern bytrafik, skal nettet være relativt fintmasket. Hastigheden bliver i så fald lav på grund af bl.a. skarpe sving og mange til- og frakørsler. Ramper samt ind- og udfletningen til det almindelige vejnet vil optage en del af det nuværende gaderum.

Endvidere vil bybilledet blive ændret væsentligt, hvis der skal føres skinner i ca. 1. sals højde i et tæt net i City. Hvis skinner skal krydse hinanden, må det sandsynligvis ske niveaufrit og skift til en anden retning må sandsynligvis ske via ramper og flettestrækninger, hvilket er pladskrævende. Hvor skarpe sving RUF'erne og skinnerne kan klare, må i givet fald undersøges.

Hvis skinnenettet kunne laves fintmasket, ville systemet kunne betjene passagerer fra den eksisterende bus- og biltrafik og ville i nogen grad kunne aflaste midtbyen for individuel biltrafik i gadeplan.

Det vurderes imidlertid, at et internt bytrafiksystem med RUF f.eks. i Middelalderbyen og de egentlige brokvarterer ikke er realisabelt af tekniske grunde. Der er eksempelvis problemer med skinnekryds og svingradier. Derudover skal påpeges psykologiske problemer (modstand) som følge af, at RUF-kørerne fra højbaneskinnerne vil kunne se ind i lejligheder/ kontorer, som ikke tidligere har været generet af trafik i vinduesniveau. Endelig vil et fintmasket højbanenet medføre æstetiske problemer i gamle bevaringsværdige bydele.

4.2.3 Langdistancetrafik

De høje hastigheder, som kan opnås på skinnen, gør som tidligere nævnt, at transport over lange afstande kan opnå store tidsfordele i forhold til almindelig biltrafik i de transportkorridorer, hvor der er skinner.

Fordelen i forhold til togtrafik er ikke så meget rejsetiden, som det at have mulighed for at rejse nøjagtigt, hvornår man vil og at have en bil til rådighed, når man kommer frem. Til gengæld bedømmes komforten under selve togrejsen alt i alt at være højere end i RUF'en (bl.a. er der mulighed for at rejse sig og strække benene i toget).

I forhold til flytrafik (indenrigs-) er RUF'erne ikke umiddelbart konkurrencedygtige, men hvis man ønsker at afskaffe indenrigsflyvning, kan RUF-systemet måske overtage nogle af rejserne.

Alt i alt kan det konkluderes:

Hvis et langdistancetransportsystem skal have mening og kunne tiltrække brugere i en situation med de nuværende systemer i funktion, kræver det et udbygget skinnenet af betydelige dimensioner.

Hvis der ikke går en skinne til den lokalitet, hvor man har mål, skal man i RUF'en, som jo kun er en lille el-bil, blande sig i den hårdere almindelige biltrafik over længere afstande, med deraf følgende sikkerhedsproblemer.

Langdistancesystemer er ikke behandlet yderligere her, da det er bytrafiksystemer, der er undersøgelsens emne.

4.3 Brugere

Det er i princippet tanken, at en RUF både skal kunne ejes og lejes.

Nedenfor er beskrevet 3 forskellige brugsmønstre, som kan fungere enkeltvis eller i kombination.

4.3.1 RUF-lejeren, som vil kunne bruge det almindelige vejnet (flerbruger-RUF)

RUF-lejeren, der vil kunne køre på det almindelige vejnet med RUF'en, skal have kørekort.

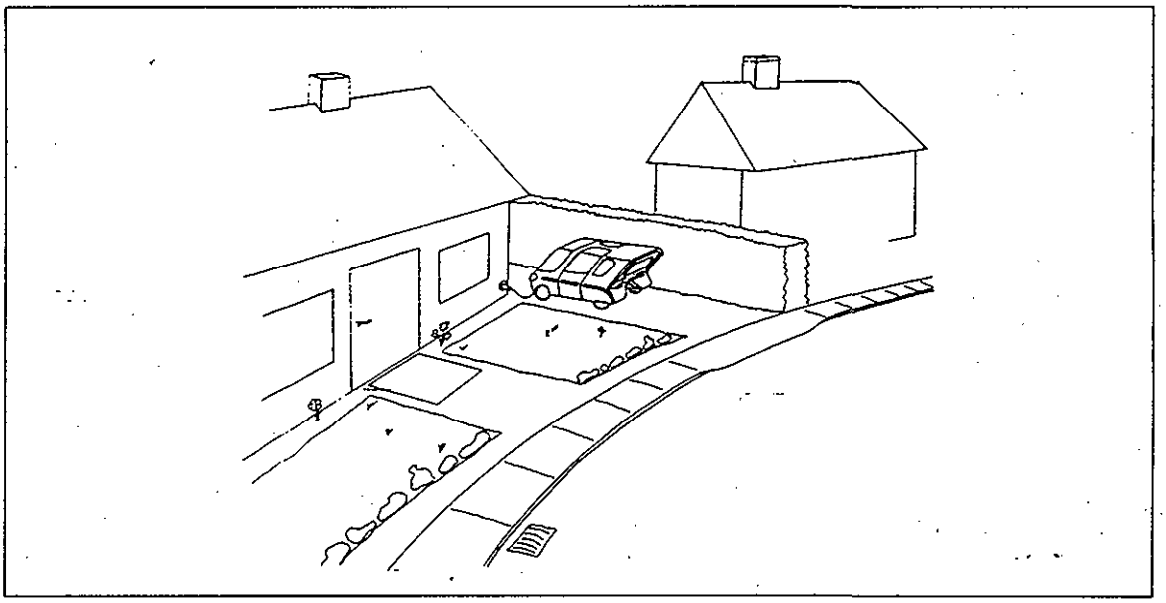
Man kan leje RUF'en for en enkelt tur eller for en længere periode (dag, uge, måned eller så længe man har brug for det). Langtidsabonnement er det enkleste organisatorisk.

Når en person ønsker at leje en RUF, må han med sit Dankort eller "pengekort" opsøge et sted, hvor han er sikker på, at der er en RUF at få.

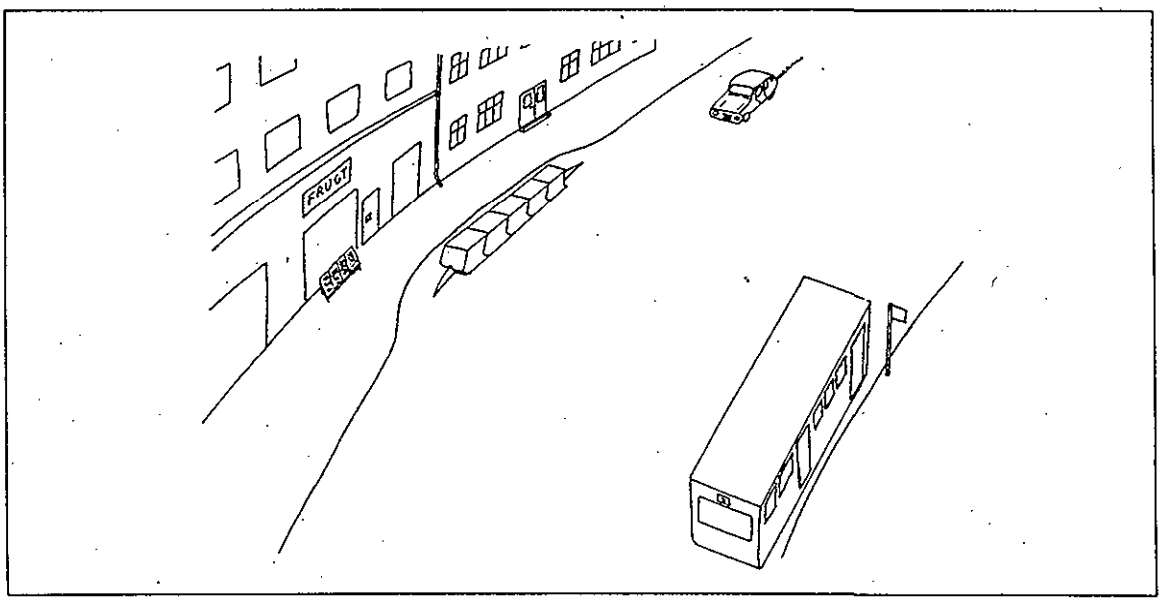
Hvordan får man fat i en RUF

Fra sin bopæl må han på sædvanlig vis (gang, cykel, bil, bus) tage til et opsamlingssted eller en RUF-"station", hvis han ikke har betalt for at have RUF'en med hjemme om natten. Hvis man tager en lejet RUF med hjem og reserverer den til næste dag, skal man sørge for, at den bliver opladet natten over. Hvem der betaler, om opladningen eventuelt fratrækkes i lejen, og hvem der checker, at opladningen er foretaget, er ikke afklaret.

Man kan måske forestille sig RUF-parkerings-/opladningsskinner fordelt rundt i boligområderne, men mere realistisk er det måske, at de RUF'er, som det er muligt at leje, samles ved skinne-tilkørslerne i omegnen. Hvis det skal være muligt at køre helt hjem i en lejet RUF og derefter "frigive"



Figur 12. Privatejede eller langtidslejede RUF'ers batterier kan oplades om natten, hvor elværkerne har overskudskapacitet. Opladningen kan ske på 6 timer. Afregningen sker så ved en billig nattakst.



Figur 13. Parkeringsskinne hvor kollektivt ejede RUF'er står og venter på at blive lejet ud. I ventetiden oplades batterierne og RUF'erne funktionscheckes. En bruger åbner den forreste med sit betalingskort. Herved giver han sig til kende og det forhindrer hærværk. Efter brug afleveres RUF'en ved at køre ind på skinnen bagfra.

den, må der etableres en opsamlingsorganisation, der kan lokalisere og afhente disse RUF'er og sørge for, at de er klar (og opladede) næste morgen ved skinnens tilkørselspunkter eller på et andet opsamlingssted.

Det er sandsynligt, at det mest realisable system indebærer en pligt til at returnere RUF'en til systemet efter endt brug, men dette betyder, at dør-til-dør konceptet, som fremhæves som en vigtig fordel ved RUF-systemet, svækkes. Eventuelt kan indkrævning af et betragteligt depositum ved leje af RUF'en "lette" tilbageleveringen.

Når RUF-lejeren er kommet frem til sit bestemmelsessted og ønsker at frigive RUF'en, kan han:

Aflevering af RUF'en

a. stille RUF'en fra sig på en offentlig parkeringsplads og "frigive" den (p-afgift?), og en anden, der har lyst til at bruge en RUF, kan så komme forbi og leje den. RUF'en kan f.eks. bruges til intern bytransport i dagtimerne, men også til længere transporter ved brug af skinnesystemet. Hvis RUF'en står et sted (måske afsides) i længere tid uden at blive brugt igen, er det uheldigt.

b. stille RUF'en på en speciel RUF-plads, hvor en række RUF'er kan holde parkeret helt tæt på en kort skinne. Man sætter sin RUF bagest på skinnen. Når man skal bruge en RUF, tager man den forreste. Det vil være hensigtsmæssigt, hvis RUF'en kan lades op på parkeringsskinnen, men dette kræver sandsynligvis afskærmning af RUF-p-pladsen af hensyn til den i sådanne tilfælde strømførende skinne. Hvordan der kan afskærmes og hvordan en afskærmning vil tage sig ud i gadebilledet, må overvejes nøje. Hvis RUF'en ikke kan oplades på skinnen, kan man risikere, at den forreste RUF ikke har batteriladning nok til den tur, man ønsker at foretage. Det vil så være nødvendigt at "tanke" et nyt batteri på en tankstation. Dette vil betyde ekstra tidsforbrug for brugeren, men selve ombytningen af batterier forventes at kunne foregå nemt og hurtigt (der skal i givet fald etableres distributionssystem og opladningsrutiner for de "løse" batterier).

Opsamlingssystem

For at undgå ophobnings- og mangelproblemer på forskellige steder rundt om i omegnen og i byen, må der som førnævnt etableres et opsamlingssystem. Et ansat korps af personer (af opfinderen kaldet "ruffere") må have oplysninger om, hvor de lejede RUF'er er endt og sørge for at indsamle og fordele de kollektive RUF'er passende, så de, der ønsker en RUF, kan finde én på alle parkeringsskinner og opsamlingssteder (ventetiden skal i hvert fald være lav). Omfang og omkostninger til et sådant korps er ikke beregnet, men det er nok ikke noget helt lille beløb, der er tale om. Specielt hvis folk tager RUF'en med hjem og "frigiver" den, bliver det ressourcekrævende at skulle indsamle den.

En person fra "ruffer"-korpset tænkes at kunne transportere flere RUF'er samtidig i en kolonne. Kolonnen kan næppe bestå af ret mange RUF'er, hvis den skal kunne agere tilfredsstillende blandt den øvrige bytrafik, og RUF'erne må i givet fald udstyres med et sammenkoblingssystem, som kan klare kolonnekørsel både på skinne, hvor sammenkoblingen skal være helt tæt, og på vej, hvor sammenkoblingen skal give mulighed for at foretage relativt skarpe sving.

Udover fordeling af leje-RUF'er internt i byområderne ved skinnens endepunkter og tilkørselspunkter, vil der i myldretiderne også være brug for at samle RUF'er sammen og køre dem tilbage til skinnens startpunkt (i omegnen om morgenen og i byen om aftenen) for at hente flere personer. Dette kræver, at der også går en skinne den anden vej, og det er altså ikke muligt med en enkeltskinne eller med 2 enkeltrettede skinner i myldretiden.

4.3.2 RUF-lejeren, som kun kører på skinnen (kollektiv RUF)

Denne RUF-lejer bruger kun RUF'en på skinnen og behøver derfor ikke kørekort.

Påstigningen finder sted på en station, som kan ligge i skinnehøjde eller i gadeplan. Når man er kommet til stationen, stiger man ind i en RUF, der holder klar, eller tilkalder én, hvis der ingen er. Hvis der er tale om RUF'er, der kører enkeltvis, eller RUF'er der formeres til kolonne på stationen, stiger man blot ind i den forreste ubesatte enhed, indsætter sit betalingskort og indtaster sit bestemmelsessted. Ved prædestinerede enheder finder man en RUF med det ønskede bestemmelsessted. Er man to, der vil følges ad, må man, hvis systemet ender med at have dobbeltperroner, gå op til hver sin perron og så finde hen til den samme RUF fra hver sin side.

Man bliver nu transporteret hurtigt frem til sin endestation, hvor man står af og selv til fods eller på anden måde kommer frem til sit bestemmelsessted.

RUF-passageren vil ofte have brug for yderligere kollektiv transport, da RUF-stationerne ligger med rimeligt lange mellemrum og gangafstanden til/fra stationer derfor kan være lange.

Da systemet i denne form indebærer tilbringertrafik i begge ender, adskiller det sig ikke så meget fra almindelig kollektiv trafik. Det har dog mindre ventetid end tog og bus (eventuelt slet ingen), man undgår i stor udstrækning omstigninger undervejs fra dør til dør og får højere rejsehastighed end bus (muligvis også højere end tog, hvis der er få til- og frakørsler til skinnen).

RUF-lejeren, der kun kører skinnekørsel, kan være de, der i dag rejser kollektivt, og som kan forstå at bruge systemet (altså også børn og andre personer uden kørekort). Det er forudsat, at ind- og udstigning samt adgang til "stationer" ikke opbyder problemer. Barnevogne og kørestole kan dog ikke umiddelbart transporteres, men der kan eventuelt gives mulighed for at tilkalde en større RUF-enhed, hvor der er bedre plads.

Tidligere bil-pendlere kan tænkes at ville bruge systemet, hvis det er væsentligt hurtigere og/eller billigere end bil, hvis det har stationer tæt ved bilistens målpunkter og hvis bilisten i øvrigt ikke skal bruge bilen i dagens løb.

Tryghed er en væsentlig faktor for brugere af transportsystemer. Da RUF-systemet som tidligere nævnt må fungere således, at man enten kører alene eller med selvvalgt selskab, og det også forudsættes muligt at lukke sin kabine, lige så snart man har sat sig ind, er trygheden høj under selve rejsen. Risikoen for overfald under rejsen kan vel siges at være elimineret. Dog er RUF-passageren, der kører fra station til station, ikke meget anderledes stillet på turen på vejnettet til og fra stationen og ved ophold på stationen end de kollektivt rejsende i dag. Dog kan TV-overvågning af stationerne hjælpe på tryghedsfølelsen.

4.3.3 *RUF-ejeren*

RUF-ejeren er en person med kørekort, der har betalt et sted mellem 50.000 og 100.000 kr. ekskl. afgifter for RUF'en. Altså det samme eller mere, end der skal betales for en lille personbil.

RUF-ejeren har ubegrænset adgang til systemet, men skal betale for strømforbrug ved skinnekørslen. Han kan sammenlignes med RUF-lejeren, der har lejet en RUF for længere tid. Han kan køre fra dør til dør, når han vil. Han parkerer RUF'en på en almindelig parkeringsplads ved bestemmelsesstedet. Han sørger selv for, at RUF'ens batterier bliver ladet op. Dette kan med fordel ske, når bilen er nat-parkeret.

RUF-ejeren har sandsynligvis en større bil udover RUF'en. RUF'en vil således typisk være 2. bil i husstande med 2 biler.

4.4 Integration med eksisterende systemer

RUF-systemet kan opfattes og planlægges på forskellige måder.

Der kan være tale om forskellig grad af integration i de eksisterende systemer, lige fra supplement til erstatning for de eksisterende systemer enten biltrafik, kollektiv trafik eller begge dele.

Som **supplement** skal systemet sameksistere med de nuværende systemer og konkurrere om kunderne.

Ser man på kapaciteten af en RUF-skinne sammenlignet med andre transportformer, fremgår det af tabel 1, at RUF-skinnen ikke umiddelbart med hensyn til kapacitet kan erstatte andre bane-systemer.

Tabel 1. Kapacitet for forskellige transportsystemer.

	Køretøjer/ time/retning	Passagerer/ time/retning
RUF-skinne (enkeltkørende RUF'er)	3.600[1]	
RUF-skinne (kolonnekørsel)	op til 9.000 (teoretisk)[2]	
Et motorvejsspor	1.800	
Bus (alm.)		1.500[3]
Sporbus		op til 6.000*
Sporvogn		op til 10.000*
Bybane		op til 22.000*
Minimetro		op til 40.000*
S-bane		op til 40.000*

1) Svarer til enkeltkørende RUF'er/opløste kolonner.
2) Svarer til kolonner med 25 RUF'er.
3) Svarer til 3 min.-drift med 75 personer pr. bus.
* Kilde: Banebetjening i Hovedstadsområdet, arbejdsnotat 3, Udvalget om Hovedstadsområdets Trafikinvesteringer. (Litt. 9)

Muligheden for rent kapacitetsmæssigt at erstatte biltrafik ind til bycenteret med RUF-skinner f.eks. i en fremtidig situation, hvor almindelig biltrafik inden for Københavns kommunegrænse tænkes at være forbudt, er belyst ved nedenstående eksempel.

Hvis det - på basis af Würtzen-udvalgets beregninger - antages, at spidstimetrafikken over kommunegrænsen ind mod byen er ca. 28.000 personer i bil, kræves der i størrelsesordenen 10 RUF-skinner.

RUF-systemet som fuldstændig afløser for trafiksystemet i f.eks. Hovedstadsområdet, vurderes ikke som realistisk inden for en overskuelig tidshorisont.

Hvis det nuværende system skal udskiftes totalt, vil man være så langt ude i fremtiden, at vi opererer med et andet samfund, en anden teknologi og måske et andet RUF-system.

En erstatningssituation kan derimod tænkes som en situation, hvor en ny by/bydel planlægges til betjening med RUF'er i stedet for bil, kollektiv trafik eller begge dele.

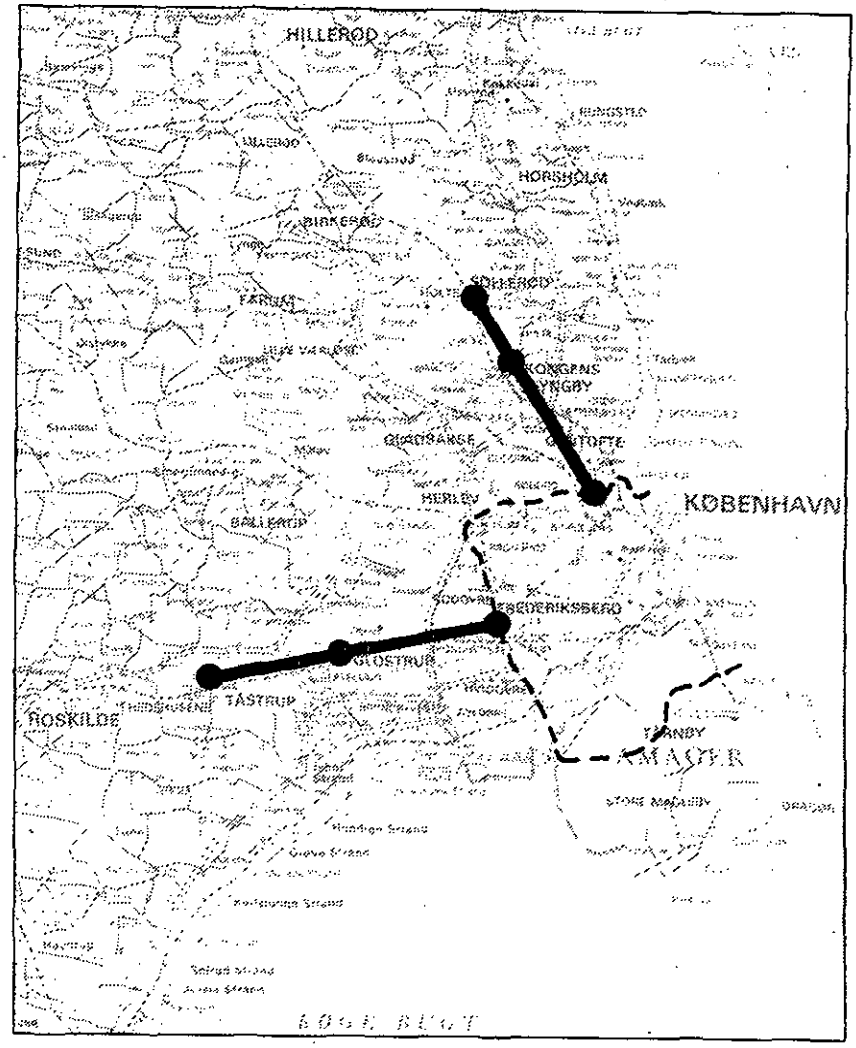
Det mest realistiske er nok at forestille sig RUF-systemet fungerende sideordnet med de eksisterende transportsystemer.

Et RUF-system med et bare nogenlunde forgrenet skinnenet vurderes ikke at være realistisk før så langt ude i fremtiden, at den teknologisk kendte og forventede udvikling har fundet sted. Det betyder, at RUF-systemet skal fungere i et transportsystem med forbedrede typer af el-biler, almindelige biler, bus og tog. Almindelig bilkørsel i bycenteret forudsættes også at være gjort relativt dyrere end i dag.

Inden for en tidshorisont på 10 år fra nu vurderes det at være muligt at etablere en eventuel forsøgsbane, men ikke yderligere. Der ligger en meget stor udviklingsindsats forud for etableringen af en sådan prøvebane, da både skinnen, køretøjet, styresystemer, koblingssystemer m.v. (næsten alt) skal nyudvikles. Dette kan i sig selv være en hæmsko for projektet.

Én af grundene til, at så mange sportaxa-systemer tidligere er gået i glemmebogen, hævdes netop at være, at man satsede på nyudvikling på for mange felter på samme tid.

At betragte situationer langt ude i fremtiden, hvor vi ikke kender den teknologiske udvikling, vurderes ikke som relevant/fornuftigt.



Figur 14. Principskite for scenarie 1.

5 Scenarier

For at kunne gøre konsekvensbeskrivelserne af RUF-systemet lidt mere konkrete, er det valgt at se på 2 scenarier: et simpelt og et mere kompliceret, der begge fungerer sideordnet med de eksisterende transportsystemer.

Det forudsættes, at nye, mere energiøkonomiske el-biler, almindelige biler, tog og busser er i brug.

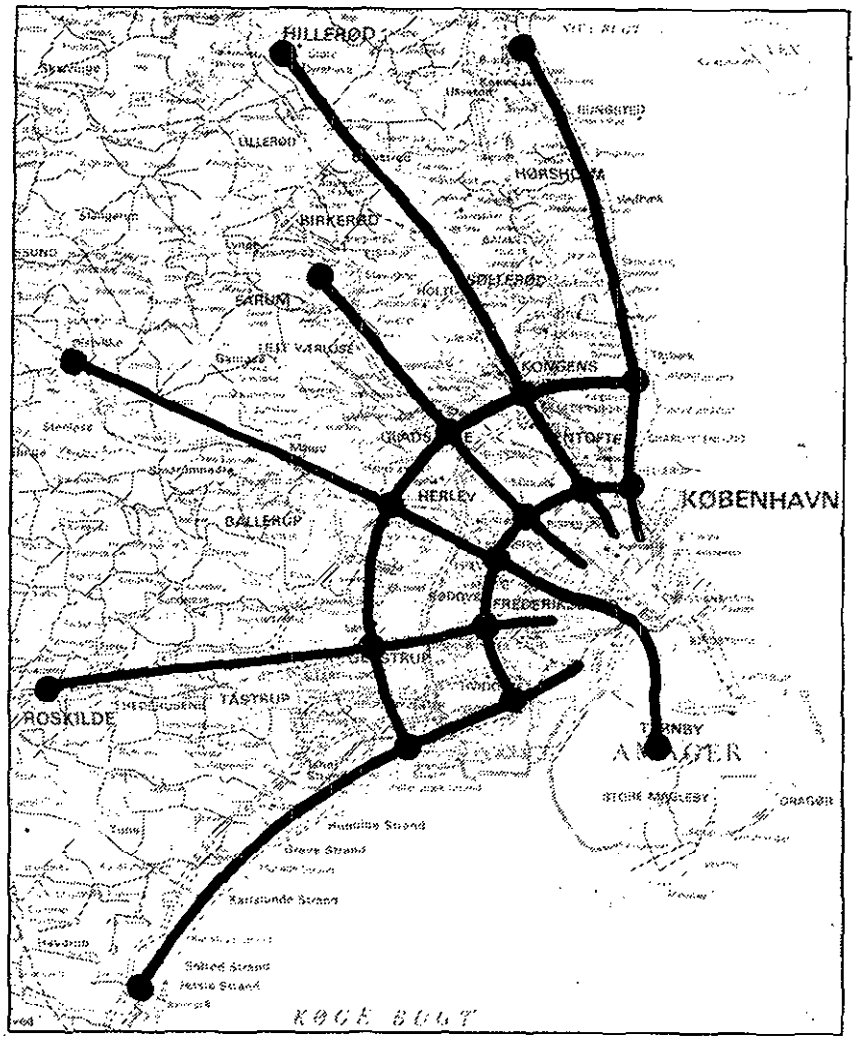
Endvidere forudsættes, at prisen for at leje en RUF en måned er højere end et månedsabonnement til HT/DSB og at markedsprisen for en RUF ekskl. afgifter er ca. 50.000-100.000 kr., altså noget dyrere end en almindelig lille personbil. Ved masseproduktion vil man forvente, at prisen falder.

5.1 Scenarie 1

RUF-systemet består i Scenarie 1 af et "simpelt" skinnesystem med 2 skinner - én i hver retning - i 2 byfingre, nemlig fra Holte (Hillerød-fingeren) og fra Høje Tåstrup (Roskilde-fingeren). Skinnerne går fra forstæderne og ca. ind til Københavns kommunegrænse, således at RUF'erne kan gives prioritet i "doseringssystemet", der lukker myldretidstrafik ind i de centrale byområder, se figur 14.

Dette skinnesystem er beregnet til at aflaste bilpendlertrafik i de 2 stærkest belastede trafik-korridorer.

RUF-skinnerne følger brede indfaldsveje, men præcis hvor skinnen kan være, har det ikke været muligt at undersøge inden for rammerne af dette projekt. Som tidligere nævnt kan der være problemer ved passage af broer og tunneler, ligesom der skal findes plads til opsamlingspladser, kolonneformering og udslusningspladser i byområderne.



Figur 15. Principskite for scenarie 2.

På Holte-skinnen er det muligt undervejs at komme af og på i Lyngby og på Høje Tåstrup-skinnen kan man også komme af og på i Glostrup. Når der ikke regnes med flere muligheder for at komme af/på skinnen, skyldes det, at skinnekørslen skal have en vis længde for at være tidsmæssigt fordelagtig. (Her regnes med ca. 8 km). Ellers vil folk ikke køre til skinnen.

Brug af RUF-systemet i Scenarie 1 kræver, at man har kørekort, da man selv skal kunne køre de enkelte RUF'er på det almindelige vejnet. Egentlige stationer findes ikke, men opsamlingssteder, hvor man kan afhente og tilbagelevere sin RUF findes ved af- og påkørsler til skinnen.

Almindelig bilkørsel er relativt dyrere end i dag, idet det forudsættes, at en form for "road-pricing" eller ekstra-afgifter på almindelig bilkørsel, er indført.

Man kan leje en RUF i et månedsabonnement eller selv eje én.

5.2 Scenarie 2

Skinnesystemet er i Scenarie 2 (figur 15) udformet med radial-linier i alle byfingre. Radial-linierne er forbundet med en ringlinie i nærheden Motorringvejen og en ringlinie i nærheden af Københavns kommunegrænse. Radial-linierne på Sjællandssiden går ca. ind til Søerne. Radial-linien på Amager fortsætter gennem City (dog uden for Middelalderbyen) og er forbundet med én af Sjællandssidens radialer ved Søerne. Radiallinierne går langt ud i Hovedstadens forstæder f.eks. til Hillerød og til udkanten af Roskilde. De 6 radialskinner på Sjællandssiden er ca. 30 km lange, Amager-skinnen er ca. 10 km, "Motorringvejslinien" er ca. 30 km og "Kommunegrænselinien" ca. 15 km lang. Hver "skinne" består i virkeligheden af 4 skinner nemlig en skinne med få og en skinne med mange til- og frakørselsmuligheder (også kaldet en hurtig og en langsom skinne) i hver retning.

Systemet har stationer. Kørekort er derfor ikke nødvendigt ved benyttelse af systemet, hvis man kun kører skinnekørsel.

I øvrigt kan man eje og leje RUF'er. Leje kan ske for kortere eller længere tid efter ønske, minimum er en enkelt tur.

I dette scenarie er der etableret det før-omtalte opsamlings- og distributionssystem af RUF'er, der lejes og derefter frigøres, enten uden for systemet (f.eks. ved bopælen) eller på opsamlings-skinner, der findes spredt over større områder.

I området inden for Søringen er kun el-bilkørsel tilladt af hensyn til de lokale miljøforhold.

6 Konsekvensvurderinger af scenarierne

Konsekvensvurderingerne omfatter brugerantal, trafikafvikling, energiforbrug, miljø, brugerservice, æstetik og økonomi.

Vurderingerne er for en stor dels vedkommende kvalitative og hviler på meget grove skøn.

6.1 Skøn for antal brugere

Potentialet for brugere af RUF-systemet i Scenarie 1 findes blandt personer, der:

a. arbejder i Københavns og Frederiksberg Kommuner
b. bor indtil ca. 10 km fra RUF-skinnens startpunkter
c. ellers ville anskaffe bil nr. 2
d. har mulighed for at oplade RUF'en om natten.

Det forudsættes, at RUF-skinnen fra Holte/Lyngby kan være et alternativ for et antal personer, der svarer til det antal, som bor i Birkerød, Søllerød og Lyngby-Taarbæk Kommuner og arbejder i Københavns og Frederiksberg Kommuner. Dette drejer sig om i størrelsesordenen 18.000 personer (pendlings-statistikken) (Litt. 13). Ligeledes vil skinnen kunne bruges af pendlere, der skal den modsatte vej (ca. halvt så mange).

Tilsvarende antages Høje-Tåstrup/Glostrup-skinnen at kunne være et alternativ for et antal personer, der svarer til det antal, som bor i Høje-Taastrup, Albertslund og Glostrup Kommuner og arbejder i Københavns og Frederiksberg Kommuner. Dette svarer til i størrelsesordenen 15.000 personer. Også her skal ca. halvt så mange den modsatte vej.

Et groft skøn indebærer, at 10% af de potentielle brugere vil gå fra bil eller kollektiv trafik til RUF, svarende til 1.800 henholdsvis 1.500 brugere i den mest belastede retning.

Skønnet, der vurderes som optimistisk, hviler på antagelser om, at:

a. halvdelen af pendlerne i dag bruger bil og halvdelen bruger kollektiv trafik

b. RUF-kørsel forudsættes at blive dyrere end almindelig kollektiv trafik

c. RUF'en typisk tænkes at fungere som 2. bil i flerbils-husstande og godt 15% af husstandene i Hovedstadens forstæder har mere end 1. bil

d. der vil findes andre attraktive el-biler på markedet.

Kapaciteten på skinnerne i dette scenarie er større end efterspørgslen. Der er således ikke problemer med at afvikle RUF-trafikken på skinnerne.

Scenarie 2

Potentialet for det mere udbredte RUF-system i Scenarie 2 er skønnet ved at kombinere overordnede oplysninger fra pendlingsstatistikken med resultater fra rejsevaneundersøgelsen TU-86 (fra 1986) (Litt. 14) og beregningsresultater fra den model, som blev udarbejdet af "Udvalget om Hovedstadsområdets Trafikinvesteringer" (kaldet Würtzen-udvalget) i 1990-91 (Litt. 7).

Inden for Hovedstadsområdet er der hver dag ca. 935.000 personer, som skal til og fra arbejde. Hvis der reduceres for sygdom, ferie og deltid, foretages der ca. 1.580.000 bolig-arbejdssteds-rejser hver dag.

Cirka halvdelen af rejserne foretages inden for bopælskommunen. Disse skønnes ikke at ville benytte skinnesystemet. Tilbage er 790.000 rejser, der går over en kommunegrænse. Det antages, at 10% af disse rejser foretages med cykel, 60% med bil og 30% med kollektiv trafik.

Hvis det antages, at 20% af bilpendlerne, der rejser over en kommunegrænse, flytter over til RUF-systemet, svarer dette til ca. 95.000 rejser pr. hverdagsdøgn.

Fra TU-86 vides, at en gennemsnitlig bolig-arbejdsstedsrejse i Hovedstadens forstæder er på 18 km.

Den gennemsnitlige bolig-arbejdsstedsrejse med bil, der overflyttes til RUF-systemet, antages at være 20 km lang, idet den overflyttede rejse antages at være lidt længere end gennemsnittet.

Udover bolig-arbejdsstedsrejser overtager RUF-systemet også rejser med andre formål.

Fra Würtzen-udvalgets beregninger haves et skøn for det totale antal ture i hovedstadsregionen. Disse er dog ikke fordelt på formål, men der findes oplysninger om antal ture, der krydser zonegrænser og ture internt i zoner. Langt de fleste zonegrænser følger kommunegrænser.

Det skønnes, at der over kommunegrænser på et hverdagsdøgn foretages 1.814.000 personrejser med bil.

Hvis de tidligere omtalte bolig-arbejdsstedsrejser med bil trækkes fra, er der

$$1.814.000 - (790.000 \times 0{,}6) = 1.024.000 \text{ personrejser med bil}$$

tilbage med andre formål.

Hvis det antages, at 10% af bilture med andre formål, der krydser kommunegrænser, vil kunne overflyttes til RUF-systemet, svarer dette til ca. 100.000 ture. Når det skønnes, at der af disse ture kan overflyttes 10% mod pendlerturenes 20%, hænger det sammen med, at disse ture ofte er en del af en turkæde og har mere spredte mål end pendlertrafikken, hvorfor skinnekørsel ikke er så attraktivt.

Længden for disse ture er skønnet på baggrund af Würtzen-udvalgets beregninger af persontrafikarbejdet med bil i Hovedstadsområdet sammenholdt med de ovenfor nævnte skøn for bolig-arbejdsstedsture. Den gennemsnitlige længder således skønnet til 13 km.

Hvis det antages, at bilpendlere, der går over til RUF-systemet, vil købe eller langtidsleje en RUF, indebærer forudsætningen om, at 20% af de bilpendlere, der passerer en kommunegrænse, vil gå over til RUF, at ca. 50.000 personer (husstande) vil købe eller langtidsleje en RUF (eller i realiteten skifte bil nr. 2 ud med en RUF eller anskaffe en RUF i stedet for bil nr. 2). Dette svarer til 17% af samtlige husstande i haveboliger i Hovedstadsområdet og 6% af samtlige husstande i helårsboliger. Da en RUF forventes at blive dyrere end en almindelig personbil, skønnes de 20% overflyttede bilpendlere at være en temmelig høj andel.

6.2 Trafikafvikling

Scenarie 1

Med de ovenfor nævnte forudsætninger vil selve de skitserede dobbeltskinner sagtens kunne betjene det forventede antal RUF'er, idet kapaciteten på selve skinnen er ca. 3.600 RUF'er pr. time pr. retning. Selv om alle RUF'er skal ind mod byen inden for samme time, er der kapacitet nok.

Det virkelige kapacitetsmæssige problem findes ved udslusningen i det almindelige vejnet.

Forestiller man sig, som den ene yderlighed, at alle RUF-kørere tidligere kørte med bil, vil der forsvinde det samme antal biler fra vejnettet og afviklingsmæssigt vil problemer så kun opstå i det omfang, antallet af RUF'er ved slutningen af skinnen er større end det antal biler, der er forsvundet fra netop dette sted på vejnettet. Det er her forudsat, at doseringssystemet lukker samme antal køretøjer ind i byen i myldretiden, hvad enten det er RUF'en eller andre biler.

Tænker man sig eksempelvis, at skinnen fra Holte slutter før Hans Knudsens Plads, og at RUF'erne får prioritet ved lyssignalet ind mod byen, vil kølængden på motorvejen vokse afhængigt af hvor mange RUF-kørere, der tidligere brugte andre indfaldsveje. Til gengæld vil køen så blive mindre andre steder.

Hvis RUF-kørerne - som den anden yderlighed - alle tidligere kørte kollektivt, vil den individuelle trafik ind mod byen vokse, og de almindelige bilister ved Hans Knudsens Plads vil skulle holde længere i kø, fordi RUF'erne får prioritet ved doseringssystemer. Herved vil tomgangskørslen stige.

Endelig kan man forestille sig en anden situation, hvor en forventet vækst i personbiltrafikken, som følge af stigende bilejerskab, i stedet for delvist opsuges af RUF-systemet. Hvis RUF-systemet får hele sin kapacitet udnyttet i spidstimerne, vil køen ved skinnernes slutning ved doseringssystemet blive noget længere, end hvis RUF-kørerne i stedet for havde kørt i almindelige biler. Almindelige biler ville have fordelt sig over et større antal indfaldsveje og ville have forlænget køerne der, men her er forsinkelsen og tomgangskørslen koncentreret om 2 steder og derfor mere mærkbar.

Konklusion: Alt i alt må der i dette scenarie i myldretiden forventes mere kø, hvor skinnerne slutter inde ved doseringssystemet, og en lille aflastning på øvrige indfaldsveje i nærheden af skinnen.

Scenarie 2

Et skinnenet, som skitseret i Scenarie 2, vil have i størrelsesordenen 50 stationer og af- påkørselspunkter (små 5 km mellem). Systemet får flere potentielle brugere, jo flere muligheder, der er for at komme af og på, men samtidig bevirker flere flettestrækninger, at hastigheden nedsættes.

En hurtigskinne skal således have få af- og påstigningspunkter og vil dermed få et rimeligt begrænset antal brugere.

Kapaciteten i retning ind mod byen vil være i størrelsesordenen 50.000 RUF'er pr. time, hvis der regnes med fuldt belagte hurtige og langsomme skinner i 7 radialer og 3.600 RUF'er pr. time pr. retning pr. time. Dette

svarer stort set til 10% af det totale antal rejser, der i dagens situation passerer kommunegrænsen i én retning pr. hverdagsdøgn (Würtzen-udvalgets beregninger).

Dannelse af kolonner inden opkørsel på skinnen og specielt dannelse af intelligent formerede kolonner vil optage ikke ubetydelig plads i skinnens nabo-områder og også derfor være problematiske.

På de steder, hvor RUF'erne kan køre fra skinnesystemet og ud i trafikken, kan der opstå problemer, hvis der skal flere RUF'er ud i trafikken end det antal biler, der på det pågældende sted er overflyttet til RUF. Udslusningsproblematikken må overvejes hvert enkelt sted.

De radiale skinner går i Scenarie 2 ind over "doseringssystemet" ved kommunegrænsen og kan derfor medvirke til at skabe trafikpropper i de tætte bydele, hvis RUF'erne gives fri adgang til vejsystemet uden styring. Også her er styring af udslusningen med tilhørende opsamlingspladser vigtig. Muligvis må der etableres et yderligere doseringssystem før al trafik ved Søringen. Det må nøje overvejes, om - og giver fald hvor - der mest hensigtsmæssigt kan afsættes de nødvendige arealer til udslusningspladser og formeringspladser.

Hvis der i maksimumsbelastningssituationen tænkes at ankomme 3.600 RUF'er pr. time fra 2 skinner og de skal sluses ud i gadenettet, kræves i størrelsesordenen 4 spor ud fra en udslusningsplads (1 kørespor på en vejbane kan afvikles i størrelsesordenen 900 vogne pr. time, hvis retningen gives maks. prioritet i et lyssignalanlæg). Dette vil give store problemer i de tilstødende gader.

Hvis der er få, der bruger systemet, er der ingen problemer, men hvis kapaciteten udnyttes godt, kan der blive afviklingsproblemer.

Det vurderes, at det vil blive meget vanskeligt at få plads til nedkørsler/opkørsler fra/til skinnesystemet mange steder i eksisterende byområder og hvis udslusningen skal ske få steder, vil det enten give store afviklingsproblemer eller store ventetider for RUF'erne.

Hvis man **ikke** kan/skal køre ud i vejsystemet, er der for langt mellem stationerne, til at systemet virker rigtig attraktivt. Der skal laves til-/frabringer systemer med busser og herved vil passagerer til systemet komme i klumper, hvad RUF-systemet formodentlig ikke er velegnet til at håndtere.

6.3 Energiforbrug

Scenarie 1

Sammenligning af energiforbruget for en typisk tur på Scenarie 1's RUF-system i forhold til energiforbruget for den biltur, den erstatter.

Laboratoriet for Energiteknik har givet et skøn over RUF'ens energiforbrug på skinne i forhold til energiforbruget på vej (Litt. 1). Ved disse beregninger er det forudsat, at RUF'en vejer 600 kg og fremføres med konstant hastighed på 100 km/t. På skinnerne køres i kolonner af 10 RUF'er.

De forsøg på at regne på selve RUF'ens konstruktion, som foreligger på nuværende tidspunkt, angiver en noget højere egenvægt og hertil skal lægges en vis nyttelast. Endvidere bliver det kun på en del af de her betragtede skinnestrækninger, at hastigheden vil komme op på 100 km/t. Endelig skal RUF'en bruge energi til andet end fremdrift f.eks. til varme, afisning, ventilation, styringssystemer osv..

Skønnet over energiforbruget hviler på beregninger af rulle- og luftmodstand for RUF'er ved forskellige køremåder. Ved høje hastigheder er luftmodstanden høj og kolonnekørselsfordelen er derfor størst ved høje hastigheder.

Modstandstallene kan ikke direkte omsættes til energiforbrug, men giver dog en indikation af størrelsesforholdet. Dette antyder, at mens kørsel i kolonner af 10 RUF'er på skinne ved 100 km/t bruger ca. 1/3 af den energi, som kørsel med 10 RUF'er enkeltvis på vej med 100 km/t fordrer, skal der ved skinnekørsel med 30 km/t bruges ca. halvdelen af energiforbruget ved kørsel på vej med 30 km/t. Kolonnekørsel på skinne med 100 km/t bruger knapt 2/3 af energiforbruget ved vejkørsel med 60 km/t.

I **dagens situation** regnes med:

a. En personbil kører gennemsnitligt 12 km/l.
b. RUF'en antages på vej at have et energiforbrug, der er ca. dobbelt så stort som Ellertens, bl.a. på grund af højere vægt[1], svarende til 0,26 kWh/km. (Litt. 11). Det er energiforbruget i motoren samt til opvarmning, ventilation m.v. der her er tale om. Her er ikke taget hensyn til, at RUF'en påregnes at skulle køre væsentligt hurtigere end Ellerten, hvorved energiforbruget alt andet lige må forventes at blive større.

[1] Ellerten vejer 400 kg inkl. nyttelast, RUF'en skønnes at veje 800 kg inkl. nyttelast.

c. En RUF antages at bruge ca. 0,4 gange energiforbruget på vej ved kørsel i kolonne på skinne. Det antages, at der gennemsnitligt er 10 RUF'er pr. kolonne ved skinnekørsel. Faktoren 0,4 er et meget groft skøn, hvorved det - på baggrund af diskussionen midt på side 52 - er søgt at tage hensyn til, at kørslen på skinnen ikke finder sted med konstant 100 km/t og at kørslen på vej gennemsnitligt finder sted med lavere hastighed end 100 km/t. Herved får vejkørslen mindre luftmodstand og dermed relativt mindre energiforbrug. Til gengæld vil vejkørslen involvere flere accelerationer. Disse er enkeltvis mindre energikrævende på vej end på skinne.
d. RUF'erne kører gennemsnitligt 2 km på vejnettet i forstæderne og 2 km på vejnettet i de centrale bydele.
e. Halvdelen af RUF'erne kører 12 km og halvdelen kører 8 km på skinne. Dette gælder for begge skinner og svarer ca. til pendlernes fordeling på opland.
f. En gennemsnitlig almindelig biltur er i eksemplet 13 km eller 1 km kortere end gennemsnittet af en RUF-tur på grund af RUF'ernes omvejskørsel for at nå skinnen. Hvor stor denne omvejskørsel i realiteten er, er det vanskeligt at vurdere.
g. Den gennemsnitlige virkningsgrad for danske kraftværker er (som i Regeringens Transporthandlingsplan) antaget til 0,40 i år 2000.
h. 1 l benzin indeholder ifølge Energistyrelsen 32,85 MJ energi. Det samlede energiforbrug ved produktion af benzin er ifølge en norsk redegørelse (Litt. 4) 15% af den indvundne energi.

Energiforbruget for turen på RUF-systemet:

$$E_{RUF} = km_{vej} \times E_{vej} + km_{skinne} \times E_{skinne}$$
$$=$$
$$= (2 + 2) \times E_{vej} + \left(\frac{12 + 8}{2}\right) \times 0{,}4 \times E_{vej} = 8\ km \times E_{vej}$$
$$=$$
$$= 8\ km \times 0{,}26\ kWh/km = 2{,}08\ kWh$$

Dette svarer i primærenergiforbrug til:

$$2{,}08 \times 3{,}6/\textit{virkningsgrad for kraftværk} = 18{,}7\ MJ$$

Energiforbruget for en almindelig bil:

$$E_{alm.bil} = km_{vej} \times E_{alm.bil} = \left(\frac{16 + 12}{2} - 1\right) km \times 0.083\ l/km$$
$$=$$
$$= 1.079\ l\ benzin$$

Dette svarer i primærenergiforbrug til:

$$1.079 \times 32{,}85\ MJ/l \times 1{,}15 = 40{,}8\ MJ$$

Forholdet mellem de to systemers primærenergiforbrug:

$$\frac{E_{RUF}}{E_{alm.bil}} = \frac{18{,}7\ MJ}{40{,}8\ MJ} \sim 0{,}45$$

En tur på RUF-systemet kan ifølge denne beregning gennemføres med 45% af den primærenergi, der skal bruges til den tilsvarende biltur.

Det er klart, at denne faktor afhænger af hvor stor en del af turen, der køres på vej henholdsvis skinne, samt hvor stort energiforbruget for en RUF på vej forudsættes at blive.

Hvis det skønnede energiforbrug for RUF'en ved kørsel på vej er sat for lavt (bl.a. på grund af at RUF'en skal kunne køre hurtigere end Ellerten), bliver besparelsen mindre. En følsomhedsberegning viser, at en 50%'s forøgelse af det forudsatte energiforbrug vil betyde, at besparelsen indskrænkes fra 55% til omkring 30% ved den vejandel på ca. 25%, som er brugt i beregningseksemplet.

Hvis vejandelen af turen bliver mindre, bliver besparelsen lidt større og omvendt. Til de videre sammenligninger bruges besparelsen på 55%.

For at undersøge hvor meget skinnen betyder, er det også beregnet hvor meget energi, der vil bruges på den typiske tur, hvis den gennemføres med RUF på det almindelige vejnet med et energiforbrug på 0,26 kWh/km. Endvidere er vist energiforbruget pr. personrejse for en 14 km lang busrejse i myldretiden med 30 personer pr. bus. Tabel 2 viser resultaterne til sammenligning.

Tabel 2. Relativt energiforbrug for en typisk myldretidstur fra henholdsvis Holte/Lyngby-området og Høje-Taastrup/Glostrup-området til København foretaget med henholdsvis almindelig bil, RUF-systemet, RUF på vej eller med bus.
Endvidere er vist den beregnede besparelse ved at gå fra almindelig biltrafik til et af de andre systemer.

Trafikart	Den typiske personrejses energiforbrug (indeks)	Besparelse i.f.t. almindelig biltrafik (%)
Almindelig bil[1)]	100	-
RUF-system[1)]	45	55
RUF- eller anden el-bil på vej[1)]	75	25
Bus[2)]	20	80

1) Der er regnet med 1 person pr. køretøj.
2) Der er regnet med 30 personer pr. myldretidsbus og primærenergiforbrug på 17,6 MJ/km, idet produktionstabet er sat til 10% (Litt. 5) og (Litt. 4).

Med RUF'er på vej (uden skinnen) ville energiforbruget kunne blive ca. 75% af de almindelige bilers forbrug. Skinnedelen af RUF-systemet bidrager således med en ekstra energibesparelse på ca. 30%.

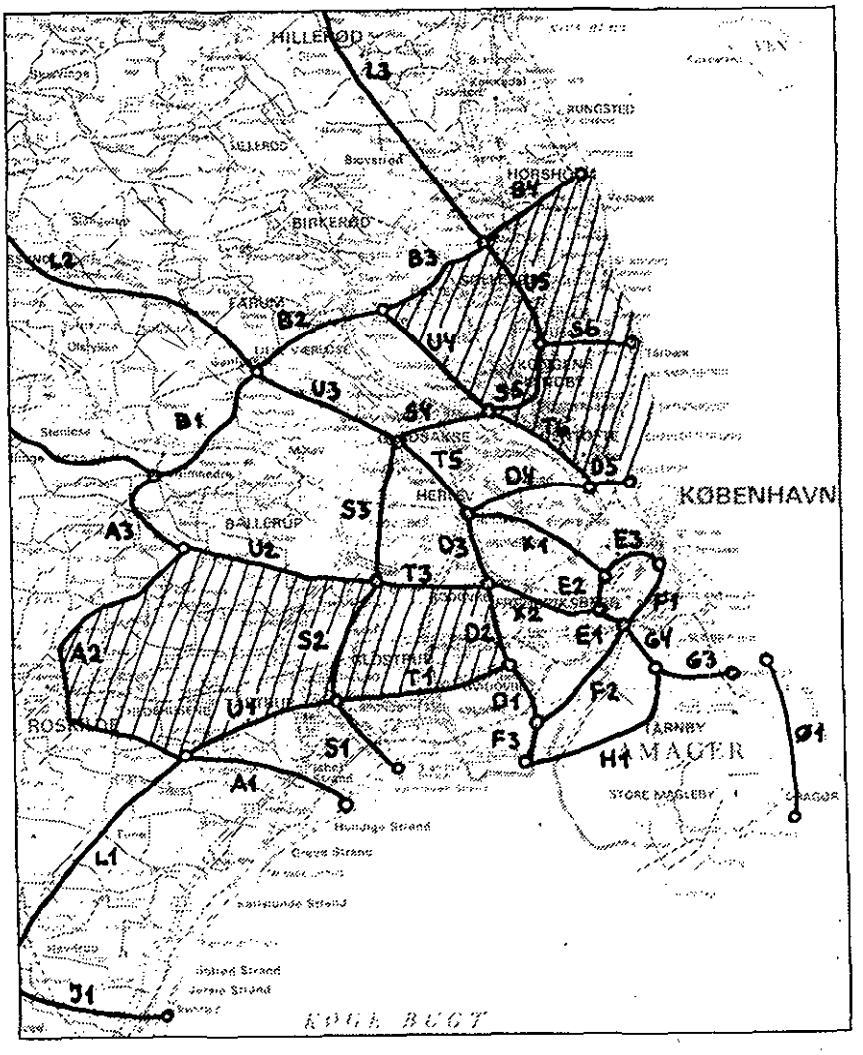
RUF-systemet er energimæssigt mindre fordelagtig end bustransport i myldretiden.

Én ting er imidlertid hvor meget, man kan spare på en enkelt tur. Betydningen alt i alt vil afhænge af antallet af brugere.

Besparelse i energiforbruget, hvis Scenarie 1's skinnesystem udnyttes maksimalt i myldretiderne

En situation, hvor de to skinner har deres kapacitet fuldt udnyttet i 2 myldretidstimer morgen og aften, og hvor alle RUF'erne antages at erstatte almindelig bilkørsel, forudsættes at være den for RUF-systemet mest gunstige.

For nemheds skyld er det her forudsat, at udslusning i den almindelige trafik ikke giver problemer, herved fås maksimal positiv effekt.



Figur 16. Scenarie 1. De betragtede trafikkorridorer.

Dette betyder, at det forudsættes, at 3.600 bilture i den mest belastede retning i hver af 2 morgenspidstimer og 2 aftenspidstimer i stedet for køres med RUF på hver af de 2 radialer. I den mindst belastede retning regnes med halvt så stor belastning. (I dagens situation vil det svare til, at 4 ud af 10 af **samtlige** pendlere mellem de berørte bydele bruger RUF'en).

Det er denne situation, som vi nedenfor har forsøgt at vurdere energiforbrug for. Det vil give en urealistisk høj energibesparelse, men vil kunne bruges som et mål for en øverste grænse, som man sandsynligvis ikke vil kunne nå.

Antallet af bilkm, der overflyttes til RUF-systemet, er med disse forudsætninger:

(3.600 + 1.800) ture pr. time i hver retning x 4 timer x 2 skinner x 13 km = 561.600 km.

Det antages, at RUF-systemet erstatter bilture, hvor der kun optræder 1 person pr. bil, således at personkm = bilkm.

Fra Würtzen-udvalgets beregninger kan fås et groft skøn over det biltrafikarbejde, der udføres i de trafik-korridorer, som skinnerne berører. Skønnet er på 6.39 mio. personkm ~ 4.81 mio. bilkm pr. hverdagsdøgn (1.33 person pr. bil). Trafik-korridorerne er her tilnærmet med de på figur 16 viste såkaldte "storzoner".

De overflyttede personkm svarer til 12% af de i korridorerne kørte bilkm og med den tidligere fundne energibesparelse på 55% fås på et hverdagsdøgn en samlet energibesparelse på 6% af biltransporternes energiforbrug i de pågældende korridorer.

Hvis der i stedet for fuldt udnyttet kapacitet er tale om 1.500-1.800 RUF'er i alt i den mest belastede retning og halvt så mange den modsatte vej (som vi vurderer som optimistisk), bliver besparelsen ca. 25% af den her angivne størrelse, altså ca. 2%. Hvis nogle af RUF-brugerne kommer fra kollektiv trafik i stedet for fra bil, bliver besparelsen endnu mindre.

Det forventes, at bilteknologien vil blive mødt med krav om 25-50% større energieffektivitet i fremtiden. Det forventes ligeledes, at elmotorerne vil få større effektivitet, men ikke så meget som benzinmotorerne. På kraftværkerne forventes ikke større forbedringer. Det kan altså ikke udelukkes, at der i fremtiden vil ske forskydninger i forholdet mellem almindelige bilers og elbilers energiforbrug.

Konklusion

På den enkelte tur vil der kunne spares måske op til 55% energi ved at benytte RUF-systemet i stedet for almindelige biler, men med det antal ture, der forventes overflyttet til systemet, bliver den samlede energibesparelse i dette scenarie beskeden, nemlig 2% (maks. 6%).

Scenarie 2

For Scenarie 2 er det forsøgt at skønne energibesparelsesmulighederne på to forskellige måder.

Energiforbrug, Scenarie 2, eksempel 1:

Som nævnt i afsnittet om brugerantal skønnes ca. 95.000 bolig-arbejdsstedsture af 20 km's længde at flytte fra bil til RUF-systemet.

Det svarer til:

95.000 x 20 = 1,9 mio. personkm.

For ture med andre formål end bolig-arbejdsstedsture skønnedes ca. 100.000 ture overflyttet. Disse ture skønnes som for bolig-arbejdsstedsture at være lidt længere end gennemsnittet, her således 15 km.

Dette svarer til:

100.000 x 15 = 1,5 mio. personkm.

For de overflyttede ture antages at gælde, at ca. 3/4 af turen foregår på skinnen, og at omvejskørslen, for at nå skinnen, er ca.10%. Herved kan - ifølge tidligere antagelser og beregninger - spares ca. 55% af energien på turen.

Alt i alt antages det i dette eksempel, at 1,9 + 1,5 = 3,4 mio. km overføres fra bil til RUF-systemet.

Dette bevirker en besparelse på 3,4/30,3 = 11% af personkilometrene, og 15% af bilkilometrene i Hovedstadsområdet. Det er her forudsat, at der kun sidder 1 person i hver RUF og i hver af de biler, der erstattes af en RUF. Med en energibesparelse på 55%, svarer dette til 11% x 0,55 = 6% af energiforbruget til biltransport i hovedstadsregionen på et hverdagsdøgn. Der erindres om følsomheden for besparelsespotentialet ved fastsættelse af energiforbruget for RUF'en.

Energiforbrug, Scenarie 2, eksempel 2

En anden måde at skønne over den maksimale energibesparelse er vist nedenfor.

Det antages, at:

- de yderste 20 km af Sjællands radialerne er belagt 25% i den mest belastede retning
- de inderste 10 km af Sjællands radialerne er belagt 100% i den mest belastede retning
- Amager-radialen er belagt 50% i den mest belastede retning
- Motorring-skinnen er belagt 50% i den mest belastede retning
- den indre ring er belagt 100% i den mest belastede retning
- den mindst belastede retning har halvt så stor belægning som den mest belastede
- belastningen regnes for langsom-skinnen, men forudsættes fordelt på både hurtig- og langsom-skinnen.

Pr. myldretidstime køres der med disse forudsætninger 675.000 km på et dobbeltskinne-system.

Skinneturene antages gennemsnitligt at være 10% længere end de bilture, de afløser, fordi vejnettet er mere fintmasket end skinnenettet. Dette medfører, at de 675.000 km på RUF-skinnerne afløser 607.000 km på vejnettet.

I spidstimen antages det, at der køres 10% af 30,3 mio. personkm, svarende til 3,0 mio. personkm med bil i Hovedstadsregionen. Med en myldretidsbelægning på 1,2 personer pr. bil svarer dette til 2,5 mio. bilkm i spidstimen. Skinnesystemet afvikler i dette eksempel således ca. 24% af personbilkilometrene, og disse kan derfor afvikles med 40% af den ellers nødvendige energi. (Det er den rene skinnetur, der tages i regning her, vejdelen i turen er ikke medtaget). Der kan altså i **spidstimen** spares op mod 24% x 0,60 = 14% af energiforbruget. Der er her ikke taget hensyn til, at det gennemsnitlige antal personer pr. køretøj må forventes at blive mindre i en RUF, end i en bil. Dette vil gøre besparelsen mindre. Dette er også tilfældet, hvis nogle af turene overflyttes fra kollektiv trafik.

Det skønnes, at besparelsen bliver mindre uden for spidstimen.

Konklusion

Konklusioner på energiforbrugsskønnene i Scenarie 2 er, at størrelsesordenen for energibesparelsen med de angivne antagelser er 10% af energiforbruget til biltransport i hovedstadsregionen.

Der er ikke ved energiforbrugsskønnene taget hensyn til energiforbruget ved recirkulation af tomme RUF'er.

6.4 Miljø

De miljøgener, som her beskrives, er støj, luftforurening og uheld.

6.4.1 Støj

En RUF bliver støjsvag, men ikke lydløs. Den må forventes at udsende en svag højfrekvent lyd à la Ellerten. Skinnekørslen forventes at blive støjsvag.

Med hensyn til støj vil skinnekørsel eller el-bilkørsel på vej i den størrelsesorden, der her er tale om, sandsynligvis ikke kunne mærkes af de omkringboende. For at en ændring i trafikstøjniveauet skal være hørbar, skal op mod halvdelen af de almindelige biler væk eller erstattes med lydløse køretøjer.

Eksempel fra Scenarie 1:

Hvis de forudsatte 2.700 potentielle brugere i begge retninger tilsammen på Holte-skinnen tænkes at køre inden for samme time og alle tænkes tidligere at have brugt Lyngbyvejen, vil ændringen i støjniveau være netop hørbar, men dette er en helt ekstrem og ikke særlig realistisk situation.

6.4.2 Luftforurening

Luftforureningen lokalt vil blive bedret, idet eldrift ikke har lokale emissioner. Denne forbedring vil betyde en mindre reduktion af emissionerne i en række gader i København og på indfaldsvejene. Selv om reduktionen er beskeden, kan den have miljømæssig betydning netop i spidstimen, hvis der i forvejen er høje koncentrationer af forurenende stoffer i gaderummet. Luftkvaliteten vurderes netop i den værste time, fordi det i høj grad er spidsbelastningerne, der er skadelige. Det er dog ikke muligt at kvantificere den eventuelle effekt på dette overordnede analyseniveau. Disse effekter gælder i øvrigt for elbiler generelt.

Ved kraftværkerne vil emissionerne til gengæld stige.

Da kraftværkerne forsynes med fossilt brændstof, vil CO_2-emissionen være proportionalt med energiforbruget, så når det samlede energiforbrug (både benzin og el) er lavere, vil CO_2-emissionen også være tilsvarende lavere.

Alt i alt vil den regionale og globale virkning være minimal i Scenarie 1. I Scenarie 2 vil virkningen på den regionale luftforurening være en reduktion i total-emissioner på maksimalt i størrelsesordenen 10%. Afhængig af brændstofvalg på kraftværker kan der ske forøgelse i emissioner af visse stoffer f.eks. svovl og sod. Den globale virkning vil være minimal.

6.4.3 Færdselsuheld

Færdselsuheldene vil kunne reduceres på de dele af strækningerne, der afløses af skinner. Da en stor del af biltrafikken på disse strækninger i Scenarie 1 i forvejen afvikles på motorveje, vil besparelsen blive beskeden.

I Scenarie 2 vil skinnekørsel afløse en del bytrafik og dette vil betyde en større reduktion i antal uheld. Omvejskørsel til og fra skinnesystemet og eventuelle trængselsproblemer ved af- og påkørselspunkterne vil trække lidt i den anden retning.

Hvis RUF-kørerne kommer fra kollektiv trafik, vil tidligere kollektivt rejsende blive til individuel bilrejsende. Dette vil sikkerhedsmæssigt være en fordel for disse personer, fordi de undgår at optræde som bløde trafikanter på til-/frabringerrejsen til det kollektive transportmiddel. Selve skinnekørslen antages at være lige så sikker som bus/tog-kørsel.

Både i forstæderne og i City vil de "tilbageblevne" bløde trafikanter få flere "hårde" modparter end de havde før, hvilket vil betyde større risiko. RUF'ens (og andre el-bilers) lave støjniveau kan endvidere gøre det vanskeligere for cyklister og fodgængere at erkende tilstedeværelsen af en trafikal modpart.

En person i en RUF er i den almindelige trafik mindre godt beskyttet end en person i en større personbil. Sammenlignet med en lille personbil må sikkerheden forventes at kunne blive omtrent lige så god i en RUF. Her skal man dog være opmærksom på, at der stort set mangler en deformationszone i front.

Hvis en stor del af bilerne erstattes af RUF'er, vil kollisioner mellem køretøjer gennemsnitligt blive mindre alvorlige, fordi antallet af store modparter mindskes.

6.5 Brugerservice

6.5.1 Hastighed/rejsetid

Forskellene mellem en tur fra forstæderne til City med almindelig bil og med RUF-systemet bliver formodentlig primært, at køen i myldretiden ved doserings-systemet kan springes delvist over. Endvidere vil der kunne spares tid ved, at bykørsel erstattes af skinnekørsel. Den del af kørslen, som foregår på vejnettet, afvikles med samme hastighed, hvadenten det er med RUF eller almindelig bil. (Her forudsættes, at RUF-kørerne ikke opfører sig anderledes end andre bilister, og at overflytning fra kollektiv trafik til RUF-systemet kun mærkes marginalt af de øvrige trafikanter, da omfanget er relativt lille).

Skinnekørslen består i en mindre ventetid for sammenkobling til kolonne, en accelerationstid, en køretid med konstant hastighed, og så - for hver flettestrækning, der passeres - en decelerationstid, en flettetid og en accelerationstid. Dernæst følger en køretid med konstant hastighed, en decelerationstid (ved endestationen) og en udslusningstid. Hvis sammenkoblingen sker i fart, er der ingen ventetid.

Generelt gælder, at skinnekørsel er tidsmæssigt mest fordelagtig ved lange stræk med høje hastigheder, men hvis man ønsker mange brugere, kræver det i et område som København selv på en såkaldt hurtigskinne relativt korte afstande mellem af- og påkørselspunkter, og dette forhindrer et konstant højt hastighedsniveau. Gennemsnitshastigheden kan dog godt holdes rimeligt højt, da en acceptabel acceleration (af komfort-hensyn) indebærer, at acceleration fra 30 km/t til 100 km/t kan ske over ca. 300 m. Tilsvarende for deceleration.

Hvis det - ud fra Scenarie 1's skøn om 1.500-1.800 brugere i alt pr. skinne i myldretiden i retning mod byen - forudsættes, at hver tilkørsel benyttes af mellem 600 og 900 RUF'er, bliver den tid, som man må vente før der ankommer 9 andre RUF'er, der kan formeres kolonne med, på mellem 2/3 og 2 min. I bedste tilfælde kommer alle RUF'er til den pågældende tilkørsel inden for 1 time og i værste tilfælde fordeler de sig over 2 timer. Hvis den acceptable ventetid sættes til f.eks. 30 sek. må kolonnerne blot køre af sted med færre enheder. Dette betyder dog reduceret energibesparelse.

Som et eksempel er det forsøgt at beregne rejsetiden for en tur fra Holte til Hans Knudsens Plads med RUF-systemet og med alm. bil. Der vil med de gjorte antagelser kunne spares i størrelsesordenen 2,5 min. ved RUF-kørsel.

Selve RUF-turen på skinnen vil tage godt 8 minutter. Her er forudsat, at der køres 100 km/t overalt, hvor det er muligt. Hertil kommer eventuel ventetid ved kolonneformering og ventetid ved udslusningen. Hvis det antages, at kolonneformeringen sker under kørslen, og at udslusningstiden er halvt så stor som ventetiden for biltrafikken i dag, bliver rejsetiden i alt godt 10 minutter.

Bilturen forventes at kunne gøres på knapt 13 min., inkl. ca. 4 minutters ventetid ved udslusningen. Her er forudsat, at kørsel på Kongevejen sker med 60 km/t og kørsel på Lyngby Omfartsvej og Lyngbyvejen med 80 km/t. Den sidste km antages at tage 4 minutter.

Størstedelen af besparelsen i eksemplet ligger i udslusningsforudsætningerne.

En tur på RUF-systemet fra Holte til Frederiksberg (Scenarie 2) vil under forudsætning af, at der passeres 3 flettestrækninger undervejs på skinneturen, og at der ellers køres med 100 km/t og at udslusningen tager ½-1 min., kunne gøres på ca. 13 min. Bilturen på vejnettet antages i dagens situation (bl.a. på baggrund af Københavns Kommunes fremkommelighedsmålinger, (Litt. 2)) at tage ca. 18 min.. Der kan altså spares ca. 5 min..

Alt i alt vil der ved RUF-kørsel i forhold til almindelig bil være en tidsgevinst. Størrelsen vil afhænge af rejsens længde og udslusningstiden samt af hvor megen trængsel, der er på det vejnet, som turen ellers vil være foretaget på. Prioriteringen af RUF'erne ved udslusnings-systemet betyder, at køen for almindelige biler ved udslusningsstedet bliver længere end normalt. Hvis RUF-systemet flytter mange bilister væk fra bil og over til RUF, bliver køerne ved indfaldsvejene i myldretiden mindre.

6.5.2 Komfort

Komfortmæssigt er RUF-systemet (som her beskrevet) bedre end bus og tog, da dør-til-dør transport er muligt hele døgnet og med mindre ventetid.

Dette kræver dog kørekort. Hvis man ikke kører i RUF'en helt fra og helt til bestemmelsesstedet, minder systemet om almindelig kollektiv transport med til- og frabringertrafik i den ene eller begge ender af rejsen. RUF-systemet vil dog i mange tilfælde kunne spare omstigninger og ventetid forbundet hermed. Det er også her en fordel, at transport er muligt hele døgnet.

Selve kørslen foregår privat og trygt og siddeplads er garanteret. Til gengæld er det vanskeligt at følges ad flere sammen og som tidligere nævnt kan der være problemer med at medbringe f.eks. barnevogne.

I forhold til bilkørsel vil skinnedelen af kørslen ikke kræve førerens opmærksomhed, hvilket vil være en behagelighed.

Hvis der ikke er tale om langtidsabonnement eller eje, er der komfortproblemer forbundet med at bringe udlejede og derefter frigivne RUF'er tilbage til systemet. Lejeren vil formentlig selv skulle hente og bringe den lejede RUF til systemet, hvis der ikke etableres et meget omfattende (fladedækkende) opsamlingssystem.

Meget høje hastigheder vil nok ikke virke komfortabelt, medmindre der er tale om meget store kurveradier og meget lange stigninger og fald, hvilket vil gøre skinnesystemet mindre fleksibelt at indpasse i bybilledet.

Sammenkoblings- og flette-faserne vil være et forstyrrende/opmærksomhedsskabende element, fordi man gennem RUF'ens ruder er meget tæt på processen til forskel fra tog og bus, hvor overblikket og dermed muligheden for forstyrrelse er mindre for passagererne. Bus og tog kører heller ikke så tæt på hinanden.

I hvert tilfælde i begyndelsen vil der være en oplevelse (nyhedsværdi) forbundet med en tur i RUF-systemet.

Vedligeholdelse af en elmotor er simplere end vedligeholdelse af en benzinmotor. Til gengæld skal man hyppigere sørge for batteriets stand (opladning eller batteriskift) end for benzinpåfyldning.

6.5.3 Fleksibilitet

RUF'en vil i bolig-arbejdsstedstrafikken være næsten lige så fleksibel som en bil for de personer, der har mulighed for opladning og har kørekort.

Da rækkevidden af en RUF er mindre end for en almindelig bil og RUF'en ikke kan medtage så mange passagerer og så meget bagage som en bil, vil RUF'en sjældent kunne erstatte en alm. bil fuldt ud.

Skinnekørselsfordelen vil ikke kunne udnyttes i alle rejserelationer, hvilket vil virke mindre attraktivt, da RUF'en jo er specielt indrettet for at kunne køre skinnekørsel.

RUF'en vil have større rækkevidde end andre elbiler i de rejserelationer, hvor skinnesystemet kan indgå.

6.6 Æstetik

Æstetik er bl.a. et subjektivt/ideologisk spørgsmål om, hvad folk finder kønt, smukt, pænt, spændende eller lignende.

En højbane, der forløber langs brede indfaldsveje, vil nok for de fleste æstetisk være et radikalt forringende indgreb, hvad enten der er tale om det eksisterende bymiljø eller det åbne land.

Der vil næppe være tvivl om, at bl.a. et meget stort antal grundejere, der i givet fald vil få højbanen svævende forbi deres ejendomme i 1. sals højde, vil protestere, dels mod indblik og dels mod den visuelle forstyrrelse, som masterne og de forbikørende kolonner af RUF'er repræsenterer.

En placering langs motorvejs- og jernbanetracéer vil ikke virke så kraftigt, men har som nævnt andre problemer (se side 31).

6.7 Økonomi

Det vides ikke, hvad RUF-systemet kommer til at koste, og det er derfor ikke forsøgt at regne anlægsoverslag. Omkostningsniveauet er imidlertid vigtigt for systemets muligheder for at blive til noget. For at få et indtryk af et muligt niveau for investeringerne er der set på 4 eksempler: højbaneprojektet for Lautrupgård-området i Ballerup, højbanebetjening af Amager, monorail i Sydney, Australien og Taxa 2000 under udvikling i Chicago.

Eksempel 1:

Af (Litt. 10) fremgår det, at der i højbane-projektet for Lautrupgård-området i Ballerup regnes med en pris pr. km enkeltrettet højbane på ca. 80 mio. kr. (ekskl. rullende materiel).

Hvis tallene fra Lautrupgård-rapporten reduceres med 25% for stationer, betyder dette en pris på ca. 60 mio. kr. pr. km enkeltskinne (inkl. moms).

Det forventes fra opfinderen af RUF'ens side, at selve RUF-skinnen bliver billigere end højbaneskinner, men da styringssystemet og elektronikken i forbindelse hermed er mere kompliceret og skal nyudvikles, skønnes denne del at blive dyrere. Hvis man derfor for en dobbeltrettet RUF-skinne regner med samme enhedspris som for den enkeltrettede Lautrupgård-højbaneskinne, må det antages at være en pris i den lave ende.

Eksempel 2:

I forbindelse med forslag til højbaner på Amager, regner DSB med en pris på 95 mio. pr. km dobbeltspor inkl. projektering, uforudsete udgifter og moms. Kontrolsystemer for et førerløst system regnes til 17 mio. kr. pr. km. En højbanestation til linietrafik antages at koste 27 mio. kr.

Hvis disse tal lægges til grund for prisudregningen, fås en enhedspris på 95 + 17 = 112 mio. kr. pr. km dobbeltspor.

Eksempel 3:

Det billigste monorailsystem af alle i drift findes i Sydney i Australien (Litt. 12). Det har kostet 80 mio. kr./km for dobbeltspor inkl. vogne og stationer.

Eksempel 4:

I et sportaxa-system kaldet Taxa 2000, der er under udvikling i Chicago (Litt. 6), er de beregnede omkostninger for skinnedelen af en enkeltsporet højbane til 450 kg tunge vognenheder beregnet til 10 mio./km. Hele systemet koster 40 mio. kr./km for en enkeltsporet bane med bl.a. 2,5 stationer pr. km og 40 vogne pr. km. Selve RUF-enhederne må forventes at være dyrere end Taxa 2000 på grund af større kompleksitet. I RUF-systemet skal der ikke være så mange stationer pr. km, men stationerne bliver sandsynligvis større og der skal yderligere etableres opsamlingssystem og opsamlings- og udslusningspladser.

Alt i alt:

Alt i alt forekommer et pris-interval på 40-80 mio. kr. pr. km for en dobbeltsporet bane at være et rimeligt gæt, men det må understreges, at der er tale om et gæt!

Med denne enhedspris for systemet skønnes størrelsesordenen for investeringen at blive 1-2 mia. kr. i Scenarie 1 og 20-40 mia. kr. i Scenarie 2 - hvis der her både skal være hurtige og langsomme skinner, som forudsat.

For at give et indtryk af investeringsniveauets størrelsesorden skal nævnes, at:

- en udskiftning af den nuværende S-togspark til nye tog med 40% større kapacitet koster 5,4 mia. kr.

- en forbindelsesvej fra Lyngbyvej til Gittervej koster 300 mio. kr.
- 2. spor Ballerup-Frederikssund koster 800 mio. kr..

Driftsøkonomien kan der ikke på nuværende tidspunkt siges meget om. Den store fleksibilitet, som de små enheders direkte kørsel mellem udgangspunkt (station) og endepunkt (station) indebærer, medfører alt andet lige højere driftsomkostninger end lidt større enheders liniebundne trafik (stadig førerløse tog). Til gengæld kan der måske spares på tomkørsel eller næsten tomkørsel.

Opsamlingssystemet til håndtering af ledige RUF'er vil, som tidligere nævnt, formentlig være temmelig omkostningskrævende.

7 Liste over spørgsmål og problemstillinger, der evt. bør undersøges nærmere

Hvis man ønsker at gå videre med projektet, bør - udover de uafklarede tekniske problemer - bl.a. følgende undersøges:

- udslusningsforhold
- kolonneformerings-princip
- distributions- og opsamlingssystem, herunder recirkulation
- parkering for overflødige RUF'er uden for myldretid
- stationsudformninger.
- indstigningsproblematik ved perroner
- flettestrækninger (evt. nyt koncept, hvor overdækning ikke er nødvendig)
- skinnekryds (i eller ude af niveau m.m.)
- reelt energiforbrug for RUF'en
- vibrationer og støjudsendelse
- hvordan betales for "leje" af skinnen?
- plads- og afstandskrav til baner, stationer, opsamlingspladser, udslusningspladser etc.
- hvor er der plads til systemet?
- hvilke sikkerhedsregler skal overholdes? (bl.a. tilladelig afstand mellem enheder, kollisionssikre stolper og flugtveje fra skinnen)
- hvilken lovgivning skal gælde?
- forsikringsforhold
- anlægs- og driftsøkonomi
- kan konceptet ændres, så det f.eks. kan gå over til at blive et spor-taxa-system i de tætte byområder?
- kan RUF-systemet bruges som intercity-system?
- hvordan kommer man eventuelt i gang?

8 Referenceliste

(1) Notat vedr. luftmodstand og rullemodstand for RUF'er i kolonnekørsel henholdsvis ved kørsel på vej. Arne Boyhus, Laboratoriet for Energiteknik, DtH. Maj 1992.

(2) Færdselstællinger og andre trafikundersøgelser 1984-1991. Stadsingeniørens direktorat. København. April 1992.

(3) HT's markedsandele i myldretidstrafikken, COWI, notat april 1992.

(4) Anvendelse av naturgass i transportsektoren - del 2.1. Jon R. Bang m.fl., Teknologisk Institutt, Norge, marts 1992.

(5) Energiforbrug ved individuel og kollektiv trafik. Rapport under udarbejdelse for Energistyrelsen. 1992.

(6) Äntligen spårtaxi? Rapport från studieresa i USA, december 1991. Eie Herlitz.

(7) Udvalget om hovedstadsområdets trafikinvesteringer, Hovedrapport, marts 1991 samt Arbejdsnotat nr. 8, bind 1 og 2.

(8) Beregning af RUF'ens dynamik, samt præsentation af projektets resultater. Eksamensprojekt på Danmarks Ingeniørakademi. J.C. Abrahamsen, 1991.

(9) Udvalget om hovedstadsområdets trafikinvesteringer, *Arbejdsnotat* 3. Banebetjening i Hovedstadsområdet. December 1990.

(10) Et banebrydende projekt, Lautrupgård, Ballerup Kommune, Højbanearbejdsgruppen, nov. 1990. *Bilagsrapport.*

(11) Mindre elkøretøjer i nærtrafikken. Hovedrapport, juni 1990. Energilaboratoriet - ERL A/S og COWIconsult, Rådgivende Ingeniører AS.

(12) Høgklassig kollektivtrafik. Halverad bilism. Alternativ Stad - Miljøforbundet Stockholm. Eie Herlitz, Jan Wiklund. 1990.

(13) Københavns Statistiske årbog 1989.

(14) TU-86. Trafikundersøgelse. Rapport og supplerende tabelmateriale. Ministeriet for Offentlige Arbejder m.fl.. Marts 1987.22

BILAG

KORT BESKRIVELSE AF RUF-SYSTEMET UDARBEJDET AF PALLE R. JENSEN

RUF-trafiksystemet

Hovedideen med RUF-systemet er at skabe et trafiksystem der kombinerer privatbilismens flexibilitet med den kollektive trafiks miljømæssige fordele. RUF'en er tænkt som et miljørigtigt alternativ til de bilister som ikke har realistiske muligheder for at benytte de kollektive trafikmidler.

En RUF er en lille elbil med meget specielle egenskaber:
Den er "dual-mode" dvs. den kan køre både som almindelig elbil og som et skinne-køretøj.
Som almindelig elbil har den ved hjælp af relativt små batterier en rækkevidde på 50 km og en tophastighed på 80 km/t.
Som skinne-køretøj kan den "ride" på toppen af en trekantet skinne. Strømmen tages fra to strømskinner hvorved den har ligeså lang rækkevidde som skinnen. Hvis et sammenhængende skinnenet udbredes over et stort område bliver rækkevidden meget stor (i modsætning til andre elbiler).
RUF'en kan køre direkte fra vejbane og til skinne og omvendt.
På skinnen kan flere RUF'er kobles tæt sammen og dermed udgøre en slags "togstamme". Det nedsætter luftmodstanden kraftigt og dermed energiforbruget, især ved høje hastigheder.
Ved skinnekørsel kan der bremses regenerativt ligesom S-togene, dvs. bremseenergien udnyttes ved at sende strøm retur til systemet ved normal opbremsning.
Ved kraftige opbremsninger benyttes en meget speciel skinnebremse der klemmer direkte om toppen af skinnen. Herved opnås en meget kraftig bremseeffekt og dermed en høj sikkerhed i systemet.
Skinnebremsen bevirker at skinnehjulene kan være glatte gummihjul med lille rullemodstand og minimal hjulstøj. Skinnekørsel vil derfor være meget lydsvag.

RUF'ens specifikationer:

RUF'en er en relativt lille elbil med plads til 2 voksne plus noget bagage. Det er dog muligt at lave den i større versioner hvis det er nødvendigt, men da f.eks. pendler-biler kun er belagt med 1,2 person i gennemsnit, vil en stor del af trafikken kunne betjenes af de mindste enheder.
Forenden og bagenden har identiske profiler således at de kan kobles tæt sammen. Længden af den mindste enhed i sammenkoblet tilstand vil være ca. 2,5 m. Bredden vil være en smule større end en lille bil på grund af det langsgående indhak der går ca. 70 cm op i kabinen og med en topvinkel på ca. 45 grader. Bredde og højde er standardiserede og kan ikke afviges, derimod kan længden varieres efter behov.
Batterierne er relativt små, da rækkevidden ved kørsel væk fra skinnen ikke behøver at være så stor (50 km). Vægten af RUF'en ventes derfor at blive et sted mellem 600 og 800 kg.
Elmotoren skal dimensioneres så den giver RUF'en en maximal hastighed på vejene på 80 km/t mens den på skinnen ved kolonnekørsel kan køre væsentligt hurtigere.

Drivhjulet ruller på toppen af skinnen og tager hovedparten af vægten, mens et antal små styrehjul ruller på skinnens side. Ved vejkørsel bruges almindelige hjul som på en bil.

Skinnen:

Skinnen er en konstruktion der er væsentlig lettere end de kendte "Light Rail" systemer. Hvor et "Light Rail" tog typisk vejer ca. 1 ton/m vejer en RUF max 800 kg dvs. 320 kg/m.
Skinnen forventes at kunne masseproduceres og monteres som moduler på simple søjler hvis højde afpasses efter omstændighederne.
Skinnen er strømførende og må derfor placeres i mindst 3 m højde eller afskærmes.
Den billigste placering af en skinne, fås ved at erstatte hurtigbanen på en 6-spors motorvej med en RUF-skinne.
Alternativt kan to skinner anbringes på master henover midterrabatten på de brede indfaldsveje.
Kapaciteten af en skinne bestemmes af hvor hurtigt man kan komme til og fra skinnen. Ved en hastighed på 30 km/t og en afstand på 5,5 m mellem hver RUF ved overgangen mellem skinne og vej fås 8 m/RUF svarende til 1 RUF/sek eller 3.600 RUF/time. Til sammenligning har en motorvejsbane en max kapacitet på 2.000 biler/time.
Man kan danne "intelligente" kolonner, dvs. kolonner hvor de der skal forlade systemet først er placeret bagest. Herved behøver man ikke at opløse en kolonne helt inden man kommer til et udfletningssted. Det forøger skinnens kapacitet.

Systemet:

RUF-systemet er primært tænkt som et storby-trafiksystem specielt henvendt til bil-pendlere.
Skinnenettet behøver ikke at være særlig finmasket, da RUF'en har sin rækkevidde på 50 km bort fra skinnen.
På længere sigt kan det udbygges og dække store områder hvorved også varetransport kan etableres. Automatiske skiftepladser hvor skiftet foretages ved midlertidigt at konvertere til vejbane, kan muliggøre automatisk transport af varer og personer uden kørekort.
RUF'en kan være privatejet som en almindelig personbil, eller den kan lejes af et RUF-selskab. Den lejede RUF kan bruges af alle der kan aktivere den via et Dankort. Herved forhindres hærværk samtidig med at betalingen ordnes via kortet.
Styresystemet er baseret på et netværk af RUF-PC'er som samvirker med det overordnede system. Under skinnekørsel kan computeren bruges til andre formål.
Skinnenettet kan også bruges til at etablere APM systemer (Automated People Movers). Systemet indebærer små stationer hvorfra der er hyppige afgange af små "RUF-tog" som flettes ind mellem de individuelle RUF'er.
Systemet kan startes som en lille testbane hvor alle grundfunktionerne bliver afprøvet inden det udbygges i stor skala.

RUF

International

APPENDIX

Opfinderens replik.

Det blev på et styregruppemøde vedtaget at opfinderen havde mulighed for at ytre sig med kommentarer og evt. uenigheder i et særligt tillæg til rapporten. Det følgende er således skrevet efter at rapporten er færdiggjort.

Først vil jeg gerne sige at jeg er meget glad for at styregruppens institutioner (Miljøstyrelsen, Planstyrelsen, HT og Vejdirektoratet) har gjort denne rapport mulig. Ligeledes vil jeg gerne takke COWIfonden for den støtte der er ydet til min deltagelse i projektet.

COWIconsult (Lene Denver og Iben Schiøtz) har gjort et stort arbejde med at udarbejde denne rapport - også mere end man kunne forvente. Som idemanden bag RUF-projektet er jeg fra starten blevet særdeles vel modtaget. Jeg er også glad for den åbenhed der er blevet lagt for dagen bl.a. i form af at jeg har fået mulighed for at deltage i alle styregruppemøderne.

Palle R Jensen

Se venligst de følgende sider →

RUF-International, Forhaabningsholms Alle 30, DK 1904 Frb. C. Denmark
Phone (+45) 31 24 70 33, Fax (+45) 31 24 70 44

Appendix fortsat:

Jeg er klar over at det er en meget vanskelig opgave at vurdere et projekt der er midt i en udviklingsfase. Projektet ændrer sig hele tiden, ofte initieret af de kritikpunkter der fremkommer undervejs. Opfinderens rolle er jo at forsøge at finde løsninger, mens COWIconsults rolle er at bedømme om disse løsninger kan bære i virkeligheden.

Alligevel er det lidt frustrerende at sidde tilbage med fornemmelsen af at mange af de påpegede problemer i virkeligheden er skinproblemer som der let gives løsninger på, men som ikke var angivet i projektbeskrivelsen fra starten, og derfor ikke er blevet vurderet.

Efter min mening er projektet derfor bedre end den generelle fornemmelse man får ved at læse rapporten.

Undervejs i projektet har jeg fået særdeles positive reaktioner fra udlandet (EF's trafikkommisær, Frankrigs største transportforsknings-institut: INRETS, Californiens Department of Transportation: Caltrans, m.fl.).

Hvis jeg skulle opregne hvor jeg ser bedre muligheder end rapporten påpeger, er det bl.a. følgende områder:

1) Anlægsomkostningerne

Anlægsomkostningerne er væsentlig under de skønnede tal.

De væsentligste grunde hertil er følgende:

I forhold til de "Light Rail" systemer som rapporten omtaler er RUF-skinnen væsentlig lettere. I M-bahn systemet f.eks. vejer hver vogn 9,5 tons og er 11 m lang.

I RUF-systemet fylder 4 RUF'er 10 m og de vejer ca. 3,2 tons altså kun ca. 1/3 af et typisk "Light Rail" system

RUF-skinnerne kan masseproduceres på en fabrik under optimale forhold.

Montagen er meget let. Nivellering er for det meste overflødig. Arealkravet er minimalt.

Da en skinne skal bevirke at der bliver færre biler på motorvejene, kan en skinne placeres i stedet for hurtigbanen på en 6-spors motorvej. Herved øges kapaciteten (3.600 RUF/time mod 2.000 biler/time) og anlægsomkostningerne bliver minimale. En vejbane er 3.5 m bred. En RUF-skinne behøver kun godt 2 m i bredden.

Sportaxasystemet Taxa 2000 er beregnet til 10 mio/km.

Vognene er lettere end RUF'erne (450 kg mod 6-800 kg). Til gengæld er skinnen forsynet med linearmotor-installationer som er dyre.

De 40-80 mio/km for en dobbeltrettet skinne som rapporten skønner må jeg derfor afvise som værende alt for høje.

2) Energibesparelsen.

Jeg mener at energibesparelsen ved skinnekørsel er lidt større end angivet.

Jeg mener til gengæld ikke at almindelige bilers effektivitet kan forøges væsentligt uden at gøre kabinerne brugerfjendtlige.

Motorernes effektivitet er optimeret allerede og CW værdien er meget vanskelig at reducere yderligere. Selv synkroniseret kørsel som foreslået i EF's PROMETEUS-projekt vil ikke give ret meget.

I modsætning til hvad rapporten antyder, mener jeg derfor at RUF-systemets energifordele er betydelige og vil forblive uantastede også i fremtiden.

3) RUF-systemets øvrige fordele.

RUF-systemet indeholder en række vigtige fordele som ikke kommer tydeligt frem i rapporten:

a) Systemets flexibilitet giver store muligheder i takt med informationsteknologiens udbredelse. RUF'ens computer kan omprogrammeres "i en ruf" når bedre styresystemer udvikles. Det koster næsten ingenting at kopiere software.

b) RUF'en har særlige muligheder som hybrid-elbil. Normalt er en hybrid-elbil nødt til altid at slæbe rundt på en extra motor og dynamo for at opnå den store rækkevidde udenfor byområderne.

RUF'en kan konverteres til hybrid-elbil på meget kort tid ved at placere en motor+dynamo enhed på det sted hvor skinnen plejer at være placeret. RUF'en kører rundt med sin egen stump skinne - kunne man sige. Hybrid-enheden lejes i de (få ?) tilfælde hvor man har brug for at bevæge sig langt udenfor skinne-nettet.

c) Skinnebremsen der klemmer om toppen af skinnen giver en ideel bremsningsmulighed.

Normalt bremser køretøjer via hjulene. Det er dårligt, dels fordi det giver begrænset bremsekraft, dels fordi tyngdepunktets placering i forhold til bremsepunkterne har særdeles uheldige virkninger på køretøjets stabilitet.

I RUF'en ligger bremsen ideelt i forhold til tyngdepunktet og der er ingen begrænsninger i bremsekraften.

d) Parkering af kollektivt ejede RUF'er behøver ikke ret megen plads da kolonneprincippet også kan udnyttes ved små eller store parkeringspladser.

e) RUF'en har skydedøre i stedet for svingdøre. Det kommer naturligt når kabinens form er "extruderet". Det indebærer store fordele for cyklister som hader bildøre - og med god grund.

f) Skinnens udformning reducerer sneproblemer kraftigt.

g) I modsætning til situationen ved motorveje er krydsende dyr ikke noget problem ved en høj skinne.

h) Rapporten antyder at det er problematisk med intelligent togdannelse ved stationer. Det kan imidlertid let løses via billetteringen. Inden folk får adgang til perronen giver man sig til kende mht. bestemmelsessted. Først når der er nok til at fylde et tog, bestemmes hvor de enkelte vogne skal hen.

Herved bortfalder problemet totalt.

i) RUF'ens computer (PC) bruges minimalt ved almindelig skinnekørsel. Den kan derfor stå til rådighed for brugeren til at arbejde på eller til underholdning.

j) RUF'ens koblingsled har flere funktioner:

* Sørger for blød sammenkobling på skinne.

* Muliggør "trailer-kørsel" på vej. Herved kan hele

familien tage afsted samlet. Varekørsel muliggøres også.

* Muliggør kolonnekørsel som "ledbus". Bil-tog-bus kombinationen kan bringe folk fra villakvartererne til bymidten uden problemer med skift og uden forstoppelse i byen.

k) RUF'en har ikke så store problemer som de almindelige elbiler med opvarmning. Ved skinnekørsel er der rigelig energi til rådighed og kolonneprincippet nedsætter varmetabet.

l) Ved stor udbygning af skinnesystemet kan der transporteres varer i førerløse varecontainer-RUF'er der kører programmeret via skinnenettet. Det passer perfekt ind i "Just In Time" filosofien der er udbredt i industrien.

m) En række nye muligheder for serviceydelser åbner sig med RUF-systemet:

* Drive-in systemer er uproblematiske.

* Biltelefon på skinne er ufarligt.

* På lange afstande kan en forstærket skinne men med samme topvinkel bære et "lokomotiv" der kan bringe en RUF-kolonne op på 500 km/t. Det kan konkurrere med indenrigsflyvning.

ECK / BINDOMATIC 36 77 06 77