



MÖRKERTRAFIK

RAPPORT NR. 3 1980



LYSTEKNISKE OG VISUELLE FORHOLD PÅ VEJE UDEN FAST BELYSNING

Problemformulering og projektforslag

LYSTEKNISK LABORATORIUM · DANMARK

VEJDIREKTORATET · DANMARK

VÄG- OCH VATTENBYGGNADSSTYRELSEN · FINLAND

ELEKTRISITETS-FORSYNINGENS FORSKNINGSSINSTITUTT · NORGE

VEGDIREKTORATET · NORGE

STATENS VÄG- OCH TRAFIKINSTITUT · SVERIGE

STATENS VÄGVERK · SVERIGE



MÖRKERTRAFIK

RAPPORT NR. 3 1980



LYSTEKNISKE OG VISUELLE FORHOLD PÅ VEJE UDEN FAST BELYSNING

Problemformulering og projektforslag

LYSTEKNISK LABORATORIUM · DANMARK

VEJDIREKTORATET · DANMARK


VÄG- OCH VATTENBYGGNADSSTYRELSEN · FINLAND

ELEKTRISITETSFRORSYNINGENS FORSKNINGSSINSTITUTT · NORGE

VEGDIREKTORATET · NORGE

STATENS VÄG- OCH TRAFIKINSTITUT · SVERIGE

STATENS VÄGVERK · SVERIGE

 trykt på genbrugspapir

Stougaard Jensen/København
Un 04-79

FORORD

Denne udredning har til formål at gøre rede for hvilke forhold, der indgår i de lystekniske og visuelle forhold ved mørkekørsel på veje uden fast belysning, at gøre rede for den eksisterende viden på disse områder, samt, hvor denne viden er mangelfuld, at angive forslag til undersøgelser.

Udredningen er dermed søgt udformet, så den kan tjene som grundlaget for valg og koordinering af projekter på dette område inden for det nordiske forsknings- og udviklingssamarbejde vedrørende synsbetingelser under mørketrafik.

I samarbejdet deltager:

- Lysteknisk Laboratorium (LTL) - Danmark
- Vejdirektoratet (VD-DK) - Danmark
- Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen (VVS) - Finland
- Elektrisitetsforsyningens Forskningsinstitut, (EFI) - Norge
- Vegdirektoratet (VD-N) - Norge
- Statens Väg- och Trafikinstitut (VTI) - Sverige
- Statens Vägverk (VV) - Sverige

Arbejdet samordnes af en koordineringsgruppe, som for nærværende bestående af:

- Civilingeniør Kai Sørensen (LTL)
- Civilingeniør Jørgen Haugaard (VD-DK)
- Overingeniør Pentti Hautala (VVS)
- Lab.ingeniør Hans-Henrik Bjørset (NTH/EFI)
- Underdirektør Torkild Thurmann-Moe (VD-N)
- Forskn. chef Kåre Rumar (VTI)
- Afd. direktør Karl-Olov Hedman (VV)

Udarbejdelsen er forestået af en projektgruppe med deltagelse af Kai Sørensen (LTL), Erik Randrup Hansen (LTL), Hans-Henrik Bjørset (NTH/EFI), Bjørn Brekke (NTH/EFI), Gabriel Helmers (VTI) samt Finn Amundsen og Hans Ruud (TØI/VD-N), idet Transport-

økonomisk Institutt (TØI) medvirkede som konsulenter for Vegdirektoratet - Norge.

Arbejdet har endvidere været væsentligt påvirket og inspireret af Erik Frederiksen (LTL), som deltog i projektgruppen under den første del af arbejdet.

Markku Salusjärvi (Statens Tekniska Forskningscentral, Väg- och Trafiklaboratoriet, Finland) har udarbejdet den finske oversættelse af resumeet.

Yderligere har S. Dørum (VD-N) og B. Nygård (Rådet for Trafiksikkerhedsforskning - Danmark) bidraget med forslag og kommentarer til rapporten.

Koordineringsgruppen har gransket og godkendt rapportens indhold, og anbefaler at rapporten benyttes til videre planlægning og koordinering af forskning vedrørende lystekniske og visuelle forhold på veje uden fast belysning, inden for det nordiske samarbejde.

INDHOLDSFORTEGNELSESide

	<u>RESUME</u>	1
	<u>ABSTRACT</u>	3
	<u>YHTEENVETO</u>	5
1.	<u>INDLEDNING</u>	7
2.	<u>ULYKKESOVERSIKT</u>	13
	2.1 <u>Danmark</u>	14
	2.2 <u>Norge</u>	17
	2.3 <u>Sverige</u>	17
	2.4 <u>Oppsummering</u>	20
3.	<u>PARAMETRE I DEN LYSTEKNISKE FUNKTION</u>	23
	3.1 <u>Gjenstander på kjørebanelen</u>	25
	3.1.1 <u>Oversikt</u>	25
	3.1.2 <u>Tidligere benyttede standardgjenstander</u>	27
	3.1.3 <u>Aktuelle forslag til standardgjenst.</u> ..	27
	3.1.4 <u>Beskrivelse av en mulig ny standardg.</u> ..	28
	3.1.4.1 Reflektanser	29
	3.1.4.2 Konklusjoner	31
	3.2 <u>Vejbelægningsens refleksionsegenskaber</u> ..	33
	3.2.1 <u>Alment</u>	33
	3.2.2 <u>Definitioner</u>	34
	3.2.3 <u>Måleapparater</u>	38
	3.2.4 <u>Eksisterende viden</u>	41
	3.2.4.1 Målevinklernes indflydelse	41

	<u>Side</u>
3.2.4.2	Afhængighed af belægningens sammen- sætning 42
3.2.4.3	Indflydelse af befugtning 43
3.2.5	<u>Konklusion</u> 44
3.3	<u>Afmærkningen på kørebanen</u> 47
3.3.1	<u>Alment</u> 47
3.3.2	<u>Omtale af materialer</u> 49
3.3.3	<u>Eksisterende viden</u> 52
3.3.3.1	Målegeometriens indflydelse 52
3.3.3.2	Afmærkningsmaterialets og sliddets indflydelse 53
3.3.3.3	Indflydelse af befugtning 54
3.3.4	<u>Konklusion</u> 55
3.4	<u>Refleksanordninger</u> 57
3.4.1	<u>Oversikt</u> 57
3.4.2	<u>Retroreflekterende oppmerksomheter på kjørebanen</u> 58
3.4.3	<u>Vegbanereflektorer</u> 58
3.4.4	<u>Vegkantreflektorer</u> 59
3.4.5	<u>Trafikkskilt</u> 61
3.4.6	<u>Reflekser på trafikanter og kjøre- tøyer</u> 62
3.4.7	<u>Måling av retrorefleksjon</u> 62
3.4.8	<u>Normer for refleksanordninger</u> 65
3.4.9	<u>Behov for undersøkelser</u> 65
3.5	<u>Billyskastere</u> 69
3.5.1	<u>Krav til lysfordeling. Justering</u> 69
3.5.2	<u>Variasjoner i lysfordeling</u> 71
3.5.3	<u>Standard lysfordeling</u> 73

	<u>Side</u>
3.6	<u>Bilruder</u> 75
3.6.1	<u>Alment</u> 75
3.6.2	<u>Eksisterende viden</u> 75
3.6.2.1	Rene, tørre ruder 75
3.6.2.2	Rene, våde ruder 76
3.6.2.3	Tilsmudsede ruder 78
3.6.2.4	Snavs og dug på rudens inderside 79
3.6.2.5	Sne og is 80
3.6.2.6	Defekter i ruden 80
3.6.2.7	Andre trafikanter 82
3.6.3	<u>Sammenfatning</u> 82
3.7	<u>Vägens linjeföring</u> 85
3.7.1	<u>Bestämning av vägens geometriska utformning vid projektering</u> 85
3.7.1.1	Bakgrund 85
3.7.1.2	Färdtekniska grundvärden 85
3.7.1.3	Svenska förhållanden 87
3.7.1.4	Sammanfattning 88
3.7.2	<u>Utmärkning av begränsad sikt med hjälp av vägmarkering</u> 89
3.7.2.1	Utformning av varnings- och spärrlinjer 89
3.7.2.2	Kriterier för användning av varnings- och spärrlinjemarkering 90
3.7.2.3	Sammanfattning och kommentarer 92
3.7.3	<u>Utmärkning av vägen med hjälp av vägkantsreflektorer</u> 94
3.7.4	<u>Trafikantens sikt och upplevelse av vägens linjeföring</u> 95
3.8	<u>Andra trafikanter</u> 99
3.9	<u>Vägens omgivning</u> 103

	<u>Side</u>
3.10	<u>Værforhold</u> 105
3.10.1	<u>Generelt</u> 105
3.10.2	<u>Tåke</u> 105
3.10.2.1	Synsforhold i tåke 105
3.10.3	<u>Regn</u> 107
3.10.3.1	Synsforhold i regn 107
3.10.4	<u>Snø</u> 107
3.10.4.1	Fallende snø 108
3.10.4.2	Drivsnø 108
3.10.4.3	Hvirvlende snø fra trafikk 108
3.10.4.4	Snø på kjørebanelen 108
3.10.5	<u>Sammendrag</u> 109
3.11	<u>Synsfunksjonen</u> 111
3.11.1	<u>Synsevne og trafiksikkerhet</u> 111
3.11.2	<u>Modeller av synsfunksjonen</u> 114
4.	<u>ELEMENTER I DEN LYSTEKNISKE FUNKTION</u> 117
4.1	<u>Visuell føring</u> 119
4.1.1	<u>Begrepet "visuell føring"</u> 119
4.1.2	<u>Parametre i vegens visuelle føring</u> .. 120
4.1.3	<u>Undersøkelser av aspekter ved visuell føring hittil</u> 122
4.1.4	<u>Behov og retningslinjer for videre undersøkelser</u> 123
4.2	<u>Synbarheten hos hinder, som befinner sig på eller invid körbanan</u> 125
4.2.1	<u>Inledning</u> 125
4.2.2	<u>Parametrar som påverkar hinders synbarhet</u> 127

	<u>Side</u>
4.2.2.1	Hinder och bakgrund 127
4.2.2.2	Hinderstorlek 130
4.2.2.3	Hindrets ljushet 130
4.2.2.4	Adaptationsluminans 130
4.2.2.5	Bländing 130
4.2.3	<u>Mätning av synbarhet</u> 133
4.2.3.1	Klassiska psykofysiska metoder 133
4.2.3.2	Direkta skalmeter 133
4.2.3.3	Visibility level (VL) 134
4.2.3.4	Eastman Visibility Meter (EVM) 135
4.2.3.5	Visual task analyser 136
4.2.3.6	Siktsträcka till hinder vid upptäckt . 137
4.2.3.7	Reaktionstid 138
4.2.4	<u>Nuvarande kunskap angående hinders synbarhet i fordonsbelysning</u> 140
4.2.4.1	Siktsträcka som mått och säkerhets- kriterium 140
4.2.4.2	Helljussiktsträckor uton fordonsmöte 140
4.2.4.3	Siktsträckor vid möte på helljus jämfört med halvljus 141
4.2.4.4	Siktsträckor vid möte på halvljus 143
4.2.4.5	Försök att förlänga siktsträckorna vid möte 144
4.2.4.6	Förändringar hos strålkastarna 144
4.2.4.7	Förändringar hos fordonet 146
4.2.5	<u>Forskningsbehov</u> 146
4.3	<u>Bedömning av avstånd, rörelse och hastighet</u> 149
4.3.1	<u>Inledning</u> 149
4.3.2	<u>Teoretisk bakgrund</u> 151

	<u>Side</u>
4.3.3	<u>Parametrar som inverkar på bedömning av avstånd, rörelse och hastighet ...</u> 154
4.3.3.1	Vägens synbarhet 154
4.3.3.2	Radiella objektrörelser 155
4.3.3.3	Transversella objektrörelser 155
4.3.3.4	Locomotion - egenrörelse 156
4.3.3.5	Bedömning av färdriktning 158
4.3.3.6	Slutsatser 158
4.3.4	<u>Behov av forskning</u> 159
5.	<u>METODER FOR VURDERING AV TILTAK SOM MOTVIRKER MØRKEULYKKER</u> 161
5.1	<u>Innledning</u> 161
5.2	<u>Ulykkesundersøkelser</u> 161
5.3	<u>Kjøreatferd</u> 164
5.3.1	<u>Kjørefart</u> 164
5.3.2	<u>Nedbremsing</u> 165
5.3.3	<u>Sideplassering</u> 165
5.3.4	<u>Feilkjøring</u> 165
5.4	<u>Kjøreopplevelse</u> 166
6.	<u>INTRODUKTION TIL PROJEKTFORSLAG</u> 167
6.1	<u>Parametre i den lystekniske funktion (projekter A)</u> 169
6.1.1	<u>Vejbelægnings og vejafmærkningers refleksionsegenskaber (projekter A1 og A2)</u> 169
6.1.2	<u>Refleksanordninger (projekter A3)</u> ... 172
6.1.3	<u>Bilruders optiske egenskaber (projekter A4)</u> 173

	<u>Side</u>
6.2	<u>Elementer i den lystekniske funktion</u> . 175
6.2.1	<u>Vägens visuella ledning (projekt B1 och B2)</u> 175
6.2.2	<u>Hinders synbarhet (projekt B3 och B4)</u> 176
6.2.3	<u>Bedömning av avstånd, rörelse och hastighet</u> 177
6.3	<u>Mer direkte undersøkelser av den lystekniske funksjon</u> 179
7.	<u>SAMMENFATNING</u> 181
8.	<u>SUMMARY</u> 187
	<u>REFERENCER</u> 193
 <u>BILAG</u>	
	<u>Bilag A: Projektforslag tilknyttet kapitel 3.</u> Parametre i den lystekniske funktion .. 209
	<u>Bilag B: Projektforslag tilknyttet kapitel 4.</u> Elementer i den lystekniske funktion .. 245
	<u>Bilag C: Projektforslag tilknyttet kapitel 5.</u> Metoder for vurdering af indgreb til modvirkning af mørkeulykker 259

RESUME

Titel: Lystekniske og visuelle forhold på veje uden fast belysning.

Udgivere: Nordisk forskningssamarbejde vedrørende synsbetingelser i mørketrafik. Rapport nr. 3, 1980.

(Rapporten kan bestilles hos Lysteknik Laboratorium, Bygning 325, Lundtoftevej 100, DK-2800 Lyngby).

Der er på nuværende tidspunkt en udtalt mangel på viden om lystekniske og visuelle forhold ved mørkekørsel på veje uden fast belysning. Samtidig er der et væsentligt behov for at supplere den eksisterende viden, med henblik på effektivitet af forholdsregler til forbedring af trafiksikkerheden og dermed på en rationel anvendelse af ressourcer til veje uden fast belysning, bl.a. til afmærkning og lyse vejbelægninger.

Det er derfor bredt erkendt, at der nu er behov for en forøget forskningsindsats på dette område.

Formålet med denne rapport er dels at angive stedet for den eksisterende viden på området og dels at tilvejebringe et grundlag for målrettede og koordinerede undersøgelser af forhold, som ikke er belyst i tilstrækkelig grad.

I rapporten skelnes mellem visuelle forhold, samt de lystekniske og andre forhold, som tilsammen bestemmer de visuelle forhold. Dette samspil betegnes som den lystekniske funktion, visuelle forhold omtales som elementer af den lystekniske funktion, mens lystekniske og andre forhold omtales som parametre i den lystekniske funktion. Der behandles følgende elementer, visuel føring, synlighed af forhindringer samt bedømmelse af afstand og bevægelse.

Endvidere behandles en længere række parametre, forhindringstyper, vejbelægningsers refleksionsegenskaber o.s.v.

Rapporten består i en gennemgang af uheldsoversigter for ubelyste veje i de skandinaviske lande, en gennemgang af eksisterende viden om de ovennævnte parametre og elementer og en omtale af effektmål af forholdsregler til forbedring af trafiksikkerheden. Endelig giver rapporten en ret omfattende serie projektforslag til undersøgelse af uafklarede forhold.

ABSTRACT

Title: Optical and visual conditions on roads without fixed lighting.

Publisher: Nordic Research Co-operation for Night Traffic. Report No. 3, 1980. (The report can be obtained from the Danish Illuminating Engineering Laboratory, Building 325, Lundtoftevej 100, DK-2800 Lyngby).

There is a pronounced lack of knowledge concerning relevant optical and visual conditions in night driving on roads without fixed lighting. Consequently, there is a substantial need to supplement existing knowledge of these conditions, especially regarding the efficiency of measures to improve traffic safety. This is necessary for the rational use of resources to roads without fixed lighting, among else to road markings and to light road surfaces.

The purpose of this report is partly to summarize the level of existing knowledge and based on that to outline purposeful and co-ordinated investigations into matters, which are not sufficiently studied.

In the report, visual conditions are separated from optical plus other conditions, which together determine the visual conditions. The following elements of the visual conditions are discussed: visual guidance, visibility of obstacles and perception of distance and movement relative to other road users. Further is discussed a series of parameters of optical and other conditions e.g. types of obstacles, reflection properties of road surfaces etc.

The report gives a survey of accidents for unlit roads in the Scandinavian countries, an outline of existing knowledge of the above-mentioned parameters and elements, and a discussion of various methods of moni-

toring the efficiency of measures to improve safety in night driving. Finally, the report proposes and describes a fairly comprehensive series of research-projects in matters, where an unsatisfactory state of existing knowledge is pointed out.

YHTEENVETO

- Otsikko:** Optiset ja visuaaliset olosuhteet teillä, joilla ei ole kiinteää valaistusta
- Julkaisija:** Pohjoismainen tutkimusyhteistyö pimeän ajan liikennettä koskevissa kysymyksissä. Raportti no. 3, 1980. (Raporttia voi tilata osoitteesta: Lysteknisk Laboratorium, Bygning 325, Lundtoftevej 100, DK - 2800 LYNGBY)

Tällä hetkellä vallitsee puute tiedoista, jotka koskevat optisia ja visuaalisia olosuhteita ajettaessa pimeillä teillä, joilla ei ole kiinteää valaistusta. Tämä puute on myös ilmaistu. Samalla vallitsee huomattava tarve täydentää olemassaolevaa tietämystä näihin olosuhteisiin sovellettujen liikenneturvallisuustoimenpiteiden tehosta. Näin ei voida olla varmoja siitä, että voimavarat kohdistetaan oikein pyrittäessä ehkäisemään pimeän ajan onnettomuuksia valaisemattomilla teillä esim. ajoratamaalauksin ja vaaleiden päällysteiden avulla.

Näistä syistä on laajalti havaittu, että vallitsee tarve lisätä tutkimuspanosta tällä alueella.

Tämän raportin tarkoituksena on osaksi osoittaa nykyisen tiedon taso tällä alueella sekä osaksi luoda pohjaa tarkoituksenmukaisille ja koordinoituille tutkimuksille, jotka kohdistuvat riittävästi valotettuihin kysymyksiin.

Raportissa erotetaan toisistaan visuaaliset ominaisuudet sekä ne valotekniset ja muut tekijät, jotka yhdessä määräävät visuaaliset olosuhteet. Tätä vuorovaikutusta kuvataan valoteknisellä funktiolla, visuaaliset olosuhteet ovat valoteknisen funktion elementtejä, kun taas valoteknisiä ja muita olosuhteita pidetään valo-

teknisen funktion parametreinä. Seuraavia elementtejä käsitellään: optinen johdatus, esteiden näkyvyys sekä etäisyyden ja liikkeen arviointi. Lisäksi käsitellään suurta joukkoa parametrejä, erilaisia esteitä, päällysteen heijastusominaisuuksia jne.

Raportti koostuu katsauksista Skandinavian maiden valaisemattomien teiden onnettomuustilanteeseen, olemassaolevan tiedon keräytymisestä, joka koskee edellä mainittuja parametrejä ja elementtejä sekä liikenneturvallisuustoimenpiteiden vaikutuksia koskevista päätelmistä. Lopuksi raportissa esitetään koko lailla laaja sarja projektiehdotuksia tutkimuksiksi, joissa selvitetäisiin puutteellisesti tunnettuja seikkoja.

1. INDLEDNING

Af Kai Sørensen, LTL.

Nærværende rapport har til formål at gøre rede for hvilke lystekniske og visuelle forhold, der har betydning ved mørkekørsel på veje uden fast belysning, at gøre rede for den eksisterende viden på disse områder, samt, hvor denne viden er mangelfuld, at angive forslag til undersøgelser.

De vigtigste visuelle forhold anses for at være visuel føring, synlighed af forhindringer samt mulighed for bedømmelse af afstand og bevægelse. Disse forhold anses på den anden side at være et resultat af en række lystekniske og andre forhold hos vejen, dens omgivelser, vejret m.v. i et samspil, som i det følgende betegnes med vejens lystekniske funktion.

De krav, som kan stilles til den lystekniske funktion, fremgår af de primære krav til vejsystemet angående:

- trafikikkerhed
- kapacitet af vejen
- kort rejsetid
- rimelig komfort
- økonomi, som er afbalanceret med de ovenstående forhold

Med hensyn til rapportens indhold har der været lagt følgende synspunkter til grund.

For det første, at egentlige undersøgelser kun udføres i begrænset omfang. Sådanne undersøgelser har bl.a. bestået i litteraturindsamling, opstilling af uheldsoversigter, foreløbige målinger af billygter m.v.

Endvidere, at emnerne ikke på forhånd er søgt be-

grænset til sådanne forhold, hvor der kan angives metoder til en løsning.

Yderligere, at rapporten af hensyn til dens omfang og klarhed ikke indeholder egentlige litteraturoversigter, idet kun sådanne undersøgelser, som er relevante og som i tilstrækkeligt omfang illustrerer de forskellige forhold, er omtalt.

Endelig, at forslagene til undersøgelser formuleres som ret indgående projektbeskrivelser, der yderligere er søgt afgrænset og koordineret i forhold til hinanden.

Et videre formål med rapporten har derfor været at gøre samlet status over den nuværende viden over den lystekniske funktion på ubelyste veje, samt at muliggøre en høj grad af koordinering og målrettethed ved undersøgelser over uafklarede forhold. Den eksisterende viden og resultaterne af de foreslåede undersøgelser skulle tilsammen være et godt grundlag for udarbejdelse af normer og regler for den lystekniske funktion på ubelyste veje.

Med henblik på at vurdere betydningen af den lystekniske funktion og dennes elementer er der i kapitel 2 opstillet og kommenteret uheldsoversigter for Danmark, Norge og Sverige.

Dette kapitel understreger den velkendte, forhøjede ulykkesrisiko ved kørsel i mørke, og viser bl.a., at risikoen vokser yderligere, når der er dårlige vejrforhold.

I kapitel 3 gennemgås forskellige parametre, som har betydning for den lystekniske funktion, d.v.s. lystekniske virkemidler, ydre forhold m.v. Følgende parametre omtales i hvert sit afsnit: gen-

stande på kørebanen, vejbelægningsrefleksions-egenskaber, afmærkningen på kørebanen, refleksanordninger, billygter, bilruder, vejtracé, vejens omgivelser, andre trafikanter, vejforhold og synsfunktionen.

Forholdsregler til forbedring af den lystekniske funktion vil bestå i ændringer i én eller flere parametre (vejbelægning, afmærkning, refleksanordning o.s.v.) eller i afbødning af andre parametres virkning eller uheldige egenskaber (f.eks. vejens omgivelser og vejforhold).

Af hensyn til fortolkning af forsøg på at forbedre vejens primære funktion, og af hensyn til at kunne benytte resultaterne som grundlag for regler på området, bør parametrene i den lystekniske funktion kunne beskrives, måles og kontrolleres. Endvidere bør der foreligge et rimeligt kendskab til parametrenes variationsområder.

Elementerne i den lystekniske funktion omtales i kapitel 4, hvor der er opstillet definitioner, indvirkningen på den primære funktion omtales, og elementernes afhængighed af parametrene diskuteres. Der findes afsnit for visuel føring, synlighed af forhindringer på eller langs kørebanen, samt bedømmelse af afstand og bevægelse.

Forholdsregler til forbedring af den lystekniske funktion vil som regel sigte mod et eller flere elementer i den lystekniske funktion. Brug af lyse vejbelægningsregler tjener således til at gøre selve vejen synlig og letter formentligt bedømmelse af afstande og bevægelse hos trafikanterne og evt. også den visuelle føring.

Med henblik på en nøjere forståelse af forholdene ved mørkekørsel på ubelyste veje bør der opnås nøj-

jere kendskab til elementerne i den lystekniske funktion. D.v.s. hvorledes elementerne påvirker vejens primære funktion, hvilke elementer der er kritiske, og hvorledes elementerne påvirkes af parametrene. Desuden bør elementerne kunne beskrives og evt. måles.

Selve elementerne, f.eks. synlighed af genstande på kørebanen, er naturligvis også værdifulde, indirekte eller halvdirekte, mål for effektiviteten af en forholdsregel.

I kapitel 5 omtales forskellige effektmål af forholdsregler til forbedring af trafiksikkerheden, d.v.s. uheldsundersøgelser, undersøgelse af køreadfærd samt af køreoplevelse.

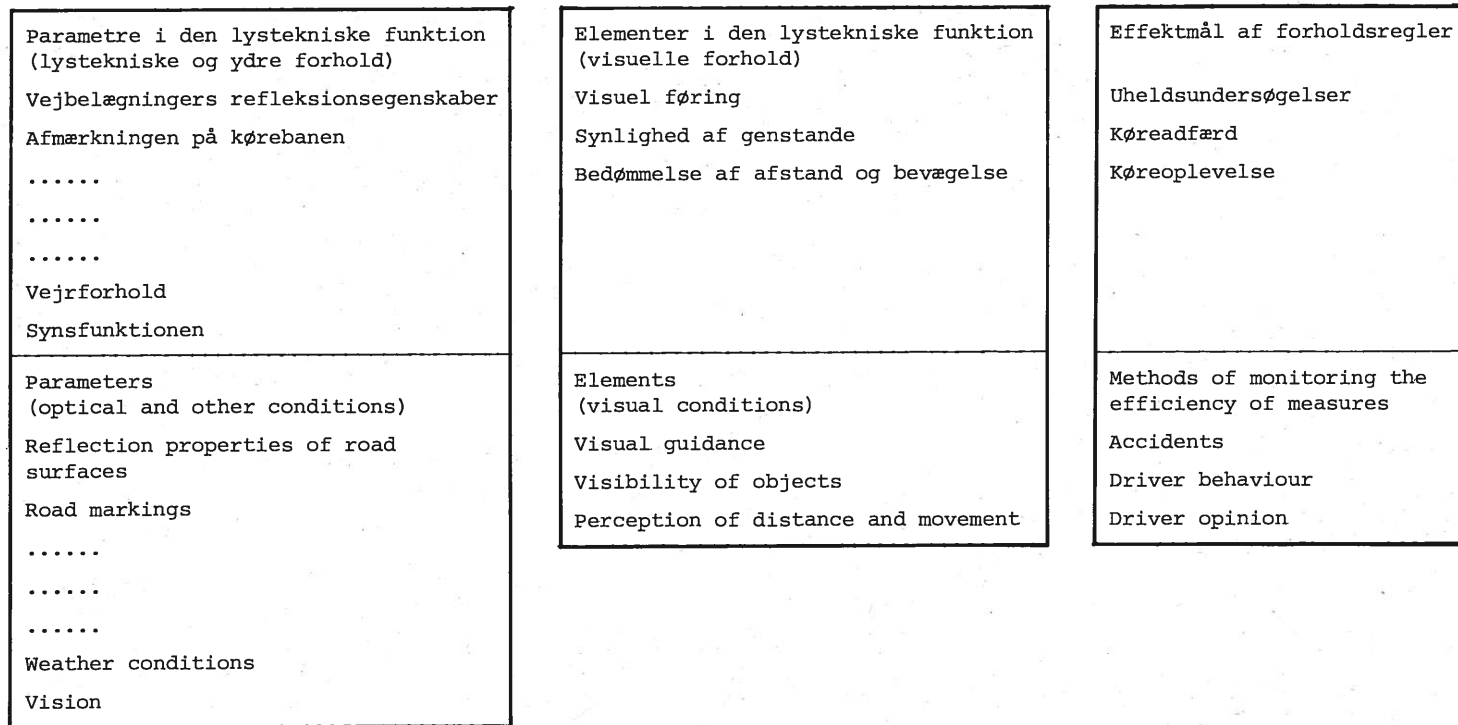
Effektiviteten af aktiviteter eller forholdsregler kan naturligvis kun måles direkte ud fra deres virkning overfor den primære funktion af vejsystemet. Virkningen af forsøg på forbedring af trafiksikkerheden kan således kun måles direkte ved ændringer i antallet af mørkeuheld og evt. deres sværhedsgrad. Da sådanne direkte mål ikke altid kan benyttes, benyttes også, som omtalt i kapitel 5, "halvdirekte" mål for virkningen, f.eks. registrering af forskellige former for køreadfærd.

Emnerne i kapitlerne 3, 4 og 5 udspænder således den ret komplicerede sammenhæng mellem forholdsregel og virkning. Denne sammenhæng er søgt illustreret i fig. 1.1.

Til kapitlerne 3, 4 og 5 bemærkes i øvrigt, at når f.eks. afsnit 3.2 og 3.3 om hhv. vejbelægninger og afmærkningen på kørebanen er ret fyldige, afspejler det ikke nødvendigvis disse emners vigtighed i forhold til andre emner, men snarere de enkelte institutters tidligere og påtænkte engagementer i emnerne.

Projektforslagene introduceres i kapitel 6, og endelig i kapitel 7 sammenfattes rapportens hovedkonklusioner. Sammenfatningen findes endvidere på engelsk i kapitel 8.

Projektbeskrivelserne, som findes i bilag i rapporten, er opdelt i 3 hovedgrupper, A, B og C, svarende til emnerne for kapitlerne 3, 4 og 5 henholdsvis.



Figur 1.1 Parametrene i den lystekniske funktion bestemmer elementerne i den lystekniske funktion, og den følgende virkning på vejens primære funktion bestemmes ved effektmål af forholdsregler.

The parameters determine the elements, and the consequent influence on the primary function of the road is monitored by various methods.

2. ULYKKESOVERSIKT

Av Finn Harald Amundsen, TØI/VD-N

Det er påvist gjennom en rekke undersøkelser at det i forhold til trafikkarbeidet skjer flere og alvorligere trafikkuulykker i mørke enn tilfellet er i dagslys.

En undersøkelse utført av Road Research Laboratory (OECD 1971) viser risikoen ved kjøring i mørke relatert til risikoen ved kjøring i dagslys.

	Dags- lys Day- light	Mørke Darkness			
		God veg- belysning Good road- lighting	Middels vegbelysn Medium road light	Dårlig vegbelysn Poor road light	Ingen vegbelysn No road light
Risiko Risk	1,0	1,3	1,6	1,8	2,0

Tabell 2.1: Risikotall for kjøring i mørke

Table 2.1: Table showing the risk of driving during different light conditions

Tabellen viser at risikoen for en personskadeulykke er dobbelt så stor i mørke, sett i forhold til risikoen for ulykke i dagslys. Statistikk fra Sverige viser videre at risikoen for trafikkuulykker med dødelig utgang er ca 70% større i mørke enn i dagslys og at risikoen er ca 35% større for ulykker med alvorlig personskade. I Norge er sannsynligheten for at en ulykke skal resultere i ett eller flere dødsfall dobbelt så stor i mørke som i dagslys.

Undersøkelser fra utlandet viser at trafikkuulykker også er overrepresentert i tåke. I OECD 1976, 1 oppgis prosentandelen ulykker i tåke å være 3% i USA, 1½% i Finland og 3,7% i Spania.

Videre er det utført en rekke undersøkelser for å påvise hvilken effekt forskjellige tiltak har når det gjelder å redusere trafikkulykkestallet i mørke.

Tiltak som vegoppmerking og kantstolper har eksempelvis god effekt. Et omfattende arbeid er utført av Statens vägverk (Intern rapport nr 15) for å finne effekten av vegkantreflektorer på snøstolper (brøytestikk). Det ble påvist at disse har en positiv effekt på trafiksikkerheten både i mørke og dagslys. En rekke interessante undersøkelser er oppsummert i OECD 1970 og Vegdirektoratet, 1976, samt Amundsen og Ruud, 1979.

For å kunne sammenligne ulykkesforholdene i mørke i Danmark, Norge og Sverige, er det gjennomført en enkel ulykkesundersøkelse basert på data fra den offisielle statistikk.

Formålet med denne oversikten er å vise om kjøring på ubelyst veg medfører særlig ulykkesrisiko under forskjellige vær- og føreforhold. For hvert av de tre landene er personskade-ulykker på ubelyste veger utenfor tettbygd område i 1977 (i Norge dekker tabellen også 1978) tatt ut av det offentlige ulykkesregister. Det har imidlertid vært vanskelig å lage en felles tabell, siden inndelingen i ulykkestyper varierer noe fra land til land. Landene er derfor behandlet hver for seg med en felles oppsummering. Uoppgitte ulykker og sykkelulykker er holdt utenfor analysen. Andelen av det totale trafikkarbeid som utføres i mørke gjelder statlige veger. Som grense for mørke regnes her solnedgang.

2.1

Danmark

Forholdet mellom ulykker i mørke og dagslys er i gjennomsnitt 0,59 (M/D). Det tilsvarende forhold mel-

lom trafikkarbeid *) i mørke og dagslys er 0,41. Dette viser at mørkeulykkene er overrepresentert i forhold til trafikken i mørke. Forholdet mellom ulykker i mørke og dagslys er videre 0,96 ved våt og glatt vegbane. De 1627 mørkeulykkene fordeler seg på 49% i tørt føre, 38% i vått føre og 13% i glatt føre (is, snø, sludd). Det kan synes som om forholdsvis mange ulykker skjer på glatt og vått føre. Når det gjelder ulykker i tåke, er spesielt kombinasjonen med vått føre farlig. I alt skjer 10% av mørkeulykkene i tåke.

Fra tabellen på neste side fremgår det at forholdet mellom mørke- og dagsulykker er større ved påkjørsel på vegstrekning enn i vegkryss. Dette kan skyldes at ubelyste vegkryss oftest har liten trafikk. Ved påkjørsel av fotgjengere er forholdet mellom mørke- og dagsulykker også stort. Ved påkjørsel av parkerte biler og dyr/faste hindringer, er mørkeulykkesforholdet 1,38. Dette gjelder spesielt dyr og faste hindringer. Typisk for disse grupper er at de er dårlig synlige i mørke. Når det gjelder singelulykker, skjer disse også ofte i mørke og hyppigst på våte veier. En medvirkende årsak til dette kan være dårlig visuell føring, slik at førerne velger en for høy fart etter forholdene.

Utover selve mørke-dagslys-forholdet er også de absolute tall av stor interesse. Det vises her klart fra tabellen at singelulykker er det største ulykkesproblemet i mørke.

*) Trafikkarbeidet er her anslått på offentlige veier utenfor byområder, basert på foreliggende trafikktellinger.

Ulykkestyper Type of accidents	Lys- for- hold Light- ing	Vær- og føreforhold Weather and road conditions								To- talt Total	M/D Dark- ness/ Day- light
		Tørt Dry road		Vått Wet road			Is, snø, sludd Slippery road				
		Klart Clear	Tåke Fog	Klart Clear	Nedb Rain	Tåke Fog	Klart Clear	Nedb Rain	Tåke Fog		
Ulykker utenom vegkryss Accidents, intersections excluded	D x)	438	7	72	62	24	40	47	17	707	0,52
	M x)	151	6	57	47	24	39	39	3	366	
Ulykker i kryss Accidents at intersections	D	698	5	130	85	22	12	11	3	966	0,24
	M	105	4	46	37	21	9	6	1	229	
Fotgjengerulykker Pedestrian accidents	D	107	1	18	8	2	1	4	1	142	0,68
	M	49	3	22	8	8	2	2	3	97	
Påkjørsel av bil, dyr, fast hindring m m Accidents including animals, obstacles etc	D	52	0	7	7	1	2	3	0	72	1,38
	M	53	2	18	10	7	1	5	3	99	
Singelulykker Single accidents	D	557	6	92	75	8	70	30	8	846	0,99
	M	415	13	158	95	44	65	25	16	836	
Sum Total	D	1852	19	319	237	57	125	95	29	2733	0,59
	M	773	28	301	197	109	116	77	26	1627	
	M/D	0,42	1,47	0,94	0,83	1,91	0,93	0,81	0,90	0,59	

x) D = Dagslys (Daylight) M = Mørke (Darkness)

Tabell 2.2: Ulykkesoversikt som viser de forskjell-
lige ulykkestyper fordelt på ulike lys-,
vær- og føreforhold i Danmark.
Table showing the total accidents by
type, light, weather and road conditions
in Denmark.

2.2 Norge

Forholdet mellom ulykker i mørke og i dagslys er 0,45. Det tilsvarende forhold mellom trafikkarbeid i mørke og dagslys er 0,30. Trafikkarbeidet er beregnet på grunnlag av trafikkteLLinger. Dette viser at ulykker skjer hyppigere i mørke enn i dagslys. Forholdet mellom ulykker i mørke og i dagslys er over 0,7 på våt eller glatt vegbane. De 3559 mørkeulykkene fordeler seg på 38% i tørt føre, 21% i vått føre og 11% på glatt veg. Når det gjelder ulykker som skjer i tåke, utgjør de 1,0% av ulykkene i dagslys og 5,0% av ulykkene i mørke. Denne fordelingen synes å representere føreforholdene i Norge rimelig godt.

Den ulykkesgruppe som skjer oftest i mørke er singelulykker og påkjøring av fast gjenstand. Dette kan ha sammenheng med dårlig visuell føring og at gjenstander på kjørebanen ikke sees tidnok. Ulykker mellom to kjøretøyer og påkjørsel av fotgjenger skjer forholdsvis sjelden i mørke.

For Norges vedkommende er også singelulykker det klart største ulykkesproblemet i mørke sett i absolute tall.

2.3 Sverige

Forholdet mellom ulykker i mørke og i dagslys (M/D) er 0,43. Det tilsvarende forhold mellom trafikkarbeid i mørke og dagslys er 0,33. Dette viser at ulykker skjer noe hyppigere i mørke enn i dagslys. Forholdet mellom ulykker i mørke og i dagslys er 0,60 ved våt eller glatt vegbane.

Ulykkestyper Type of accidents	Lysforhold Light cond	Vær- og føreforhold Weather and road conditions											Sum	M/D
		Tørt Dry road			Våt, bar vegbane Wet road				Glatt kjørebane Slippery road					
		Klart Clear	Tåke Fog	Dårlig sikt Poor visib	Klart sikt Clear no rain	Ned- bør Rain	Tåke Fog	Dårlig sikt Poor visib	Klart opp Clear no rain	Ned- bør Rain	Tåke Fog	Dårlig sikt Poor visib		
Ulykker utenom vegkryss Accidents, intersections excluded	D x)	1433	1	5	174	70	9	0	862	165	16	5	2740	0,33
	M x)	257	4	3	40	52	15	1	283	204	26	21	906	
Ulykker i vegkryss Accidents at intersections	D	1087	1	0	94	131	8	0	201	50	12	3	1587	0,17
	M	87	1	0	6	45	3	2	96	31	2	1	274	
Fotgjengerulykker Pedestrian accidents	D	366	5	3	48	43	1	1	220	34	3	1	725	0,47
	M	99	2	5	19	30	8	7	98	59	3	9	339	
Andre uhell (påkjørsele) Other accidents	D	235	1	0	24	29	1	0	49	22	3	0	364	0,61
	M	98	5	0	8	24	11	5	47	17	4	3	222	
Singelulykker Single accidents	D	1603	7	1	117	241	5	1	387	107	8	6	2483	0,73
	M	764	5	21	112	301	55	5	384	138	22	11	1818	
Sum	D	4724	15	9	457	514	24	2	1719	378	42	15	7899	0,45
Sum	M	1305	17	29	185	452	92	20	908	449	57	45	3559	
	M/D	0,28	1,1	3,2	0,40	0,88	3,8	10,0	0,53	1,2	1,4	3,0		

x) D = Dagslys (Daylight) M = Mørke (Darkness)

Tabell. 2.3: Ulykkesoversikt som viser de forskjell-
lige ulykkestyper fordelt på ulike lys-
og føreforhold i Norge (1977 og 1978).
Table showing the total accidents by
type, light and road conditions in
Norway (1977 and 1978)

Ulykkestyper Type of accidents	Lysforhold Lighting	Føreforhold Road conditions			Totalt Total	M/D
		Tørt Dry road	Vått Wet	Is, snø etc Slip road	Total	
Forbikjøring, påkjøring bakfra Accidents passing, rear	D x)	255	102	148	505	0,30
	M x)	36	44	73	153	
Ulykker ved møte Accidents between two oncoming vehicles	D	232	101	356	689	0,41
	M	67	53	160	280	
Ulykker i vegkryss Accidents at intersections	D	550	166	139	855	0,23
	M	51	70	75	196	
Påkjørsel av fotgjenger Pedestrian accidents	D	90	20	31	141	0,67
	M	38	28	28	94	
Singelulykke Single accidents	D	814	302	372	1488	0,59
	M	357	197	322	876	
Sum Total	D	1914	691	1046	3678	0,43
	M	549	392	658	1599	
	M/D	0,29	0,57	0,63	0,43	

x) D = Dagslys (Daylight) M = Mørke (Darkness)

Tabell 2.4: Ulykkesoversikt som viser de forskjellige type ulykkestyper fordelt på ulike lys-, vær- og føreforhold i Sverige.
Table showing the total accidents by type, light and road conditions in Sweden.

De 1599 mørkeulykkene fordeler seg på 34% i tørt føre, 25% i vått føre og 41% på glatt veg. Det kan synes som om det skjer noe flere ulykker på vått og glatt føre.

I oversikten er ulykker hvor sykkel/moped er innblandet holdt utenfor, fordi disse ikke er oppgitt etter ulykkestype.

Av "Påkjøring bakfra" og "Forbikjøringsulykker" er det særlig på glatt veg at mørkeulykker skjer ofte. Det samme er tilfelle med "Ulykker ved møte" og "Ulykker i vegkryss". "Singelulykker" og "Påkjørrel av fotgjenger" har klart den høyeste mørkeulykkesandelen. Også her er mørke kombinert med glatt veg spesielt farlig.

Av ulykkestypene har singelulykkene den absolutt høyeste andelen og antallet ulykker i mørke.

2.4

Oppsummering

En sammenligning av de tre land viser at forholdet mellom ulykker i mørke og dagslys (M/D) er størst i Danmark. Dette kan delvis skyldes at belyst veg inngår i det norske og svenske materialet, men er utelatt i Danmark. Siden få veger utenfor tettbygd område er belyst, forklarer dette forhold ikke hele forskjellen. En annen mulig forklaring kan være snøen i Sverige og Norge om vinteren, og de små trafikkmengder i vinterhalvåret på store deler av vegene.

Dersom hensyn tas til det trafikkarbeid som utføres i mørke i landene, synes det også som om Danmark er mest utsatt.

Tabell 2.5: Forhold mellom mørke- og dagsulykker i Danmark, Norge og Sverige

Table showing the relation between accidents in darkness and daylight in Denmark, Norway and Sweden

		Tørr vegbane Dry road	Våt vegbane Wet road	Glatt vegbane Slippery	Totalt Total
Danmark Denmark	x) M/D	0,43	0,99	0,88	0,60
Norge Norway	M/D	0,28	0,75	0,68	0,45
Sverige Sweden	M/D	0,29	0,57	0,63	0,43

x) M = Mørke (Darkness) D = Dagslys (Daylight)

I Norge og Sverige fordeler mørkeulykkene seg på tilnærmet samme måte mellom tørr, våt og glatt veg. Mens M/D-forholdet i Norge er noe større på våt veg, er det i Sverige størst på glatt veg. Danmark har absolutt høyest M/D-forhold under alle føreforhold.

I alle landene skjer det forholdsvis flere mørkeulykker på vegstrekning mellom kryss enn i vegkryss.

Ulykker ved påkjørsel av gående synes å skje hyppigere i Norge enn i de to andre land, mens disse landene har forholdsvis større andel ulykker i mørke enn i Norge.

Denne ulykkesanalysen viser at ulykker i mørke hyppigst forekommer ved singelulykker og ved påkjøring av fast gjenstand, dyr etc. Singelulykkene har sannsynligvis sammenheng med uklar visuell føring og påkjøringsulykkene med at gjenstandene har vært dårlig synlige. Dette er felles for landene og gjør at bedring av de optiske og visuelle forhold på ubelyste veger vil være et aktuelt tiltak for å redusere ulykkene.

Av andre mulige forklaringer på det høye ulykkesantallet i mørke kan nevnes at andelen trafikanter som kjører under påvirkning av alkohol sannsynligvis er størst i mørke og at det er vanlig å kjøre etter baklysene på forankjørende bil. Ved kjøring på svingete veger, vil man ofte miste sikten av baklysene.

Under kjøring i mørke vil det også være naturlig å vente en høyere andel ulykker p g a eventuell tretthet.

3. PARAMETRE I DEN LYSTEKNISKE FUNKTION

Af Kai Sørensen, LTL (3., 3.2 og 3.3)

Erik Randrup Hansen, LTL (3.6)

Bjørn Brekke, NTH/EFI (3.1, 3.4, 3.5 og 3.11)

Gabriel Helmers, VTI (3.7, 3.8 og 3.9)

Hans Ruud, TØI/VD-N (3.10)

De visuelle forhold ved mørkekørsel på veje uden fast belysning afhænger af en lang række forskellige forhold, her kaldt parametre, hvoraf de følgende behandles i hvert sit afsnit:

Genstande på kørebanen

Vejbelægnings refleksionsegenskaber

Afmærkningen på kørebanen

Refleksanordninger

Billygter

Bilruder

Vejens linieføring

Andre trafikanter

Vejens omgivelser

Vejrforhold

Synsfunktionen

Disse parametre udgør ikke nogen ensartet gruppe, idet de spænder fra lystekniske og optiske virkemidler til ydre omstændigheder, som vejrforhold, der unddrager sig påvirkning. De forskellige afsnit har derfor forskellige sigter, omfang og opbygning.

Samtlige afsnit rummer naturligvis almen information, som tjener til en bedre forståelse af parametrenes indvirkning på de visuelle forhold og på vejenes primære funktion. Afsnit, hvis sigte stort set begrænses til denne almene information og til påpegelse af kritiske forhold, omfatter 3.7 "Vægens linjeføring", 3.8 "Andra trafikanter", 3.9

"Vägens omgivning", 3.10 "Værforhold" og 3.11 "Synsfunksjonen".

Herudover har afsnittene 3.1 "Gjenstander på kjørebanelen" og 3.5 "Bilyskastere" til hensigt at standardisere disse parameters roller i forsøg og beregninger over de visuelle forhold m.v., og således faktisk begrænse rapportens sigte på disse områder. Billygters lysfordelinger opfattes således i denne sammenhæng som ydre forhold.

Endvidere angår afsnit 3.6 "Bilruder" i høj grad behov for undersøgelser af bilruders optiske egenskaber under forhold med trafiksnæv, regn, dug m.v. Bilruders optiske egenskaber skønnes i nogle situationer at være vigtige (f.eks. mødesituationer), men de eksisterende data er særdeles mangelfulde.

Endelig omfatter afsnittene 3.2 "Vejbelægningslystekniske egenskaber", 3.3 "Afmærkningen på kørebanelen" og 3.4 "Refleksanordninger" parametre, som bør kunne påvirkes med henblik på en forbedring af de visuelle forhold. De pågældende afsnit sigter derfor mere direkte mod undersøgelser, som sammen med den eksisterende viden kan tilvejebringe det nødvendige grundlag for en rationel inddragelse af parametrene i forsøg over de visuelle forhold og i senere udarbejdelse af anbefalinger for parameterverdier.

3.1 Gjenstander på kjørebanelen

3.1.1 Oversikt

Ved en rekke undersøkelser omkring synsforhold i trafikken er det vanlig å benytte synligheten av gjenstander på kjørebanelen som kvantitativt mål. Begrunnelsen for dette er at en vesentlig oppgave for den kjørende i trafikken nettopp er å oppdage gjenstander som befinner seg i eller nær kjørebanelen, og å unngå kollisjon med disse. Slike objekter kan være fotgjengere, dyr, deler av kjøretøy, sten og andre gjenstander som er store nok til å representere en fare ved eventuell påkjørsel.

For at en gjenstand som befinner seg i vegen på en rett strekning skal være synlig for trafikanter, må følgende være oppfylt :

- Gjenstanden må ikke være skjult på grunn av vegens vertikale krumning.
- Kontrast- og belysningsforholdene tilsammen må gjøre det mulig å observere gjenstanden.

For dimensjonering av en vegs vertikale linjeføring har Nordisk Vegteknisk Forbund anbefalt å bruke en standardgjenstand med en varierbar høyde som skal utgjøre synsvinkelen 1' over den aktuelle siktstrekningen (se forøvrig avsnitt 3.7).

Kontrast- og belysningsforholdene er ved kjøring på ubelyst veg bestemt av gjenstandens og vegbanens refleksiteter, samt lysfordelingen hos kjøretøyets lyskastere.

Av ulykkesstatistikken (se kapittel 2 foran) framgår det at det forekommer flest påkjøringsulykker med fotgjengere, men også kategorien dyr og faste gjenstander utgjør en betydelig fare.

De objektene det her er tale om er svært ulike i størrelse, form og refleksjonsegenskaper. For å kunne utføre generelle tekniske undersøkelser angående synlighet av objekter på kjørebanelen, er den eneste muligheten å benytte seg av et lite antall veldefinerte standardgjenstander.

Av krav som bør stilles til slike standardgjenstander, nevnes her:

- a) Den valgte gjenstanden skal gi synsoppgaver av samme vanskelighetsgrad som kjøring i mørke representanter. Standardgjenstanden kan konstrueres med en størrelse, form og reflektans som utgjør f.eks. 90%-fraktilen for aktuelle objekter på kjørebanelen.
- b) Utformingen av standardgjenstanden bør være bestemt av:
 - Krav om god pålitelighet i målingene.
 - Ønske om å lette målearbeidet.
 - Hensyn til den belysningssituasjonen en skal undersøke.
- c) Før en ny standardgjenstand tas i bruk, må følgende hensyn tas:
 - Dens fordeler framfor andre mulige standardgjenstander må prøves empirisk.
 - Gjenstandens størrelse, reflektans og andre parametre som har betydning må bestemmes.
 - Romlige gjenstander medfører problemer i forhold til plane gjenstander. F.eks. gir hvelvede flater spesielle problemer ved måling av

speilende og diffus refleksjon.

- Dersom forsøkskriteriet er at forsøkspersonen skal gjenkjenne gjenstandens form, vil dette stille spesielle krav til standardgjenstanden.

3.1.2 Tidligere benyttede standardgjenstander

Det har tidligere vært gjennomført en rekke undersøkelser av synsavstand der standardobjekter har vært rektangulære, eventuelt kvadratiske, plater (Frederiksen, 1969). Størrelsen av disse har variert fra 0,14m x 0,14 m til 0,60m x 1,75 m og reflektansen har variert mellom 0,02 og 0,25.

Ved LTL har det vært gjort modellforsøk med en sylindrisk gjenstand med mål tilsvarende en høyde på 1,75 m og diameter 0,60 (som en voksen person), og reflektansen 0,06, 0,10 og 0,20 (Frederiksen, 1969).

Ved Uppsala universitet ble det over en 25-års periode gjennomført omfattende fullskalaforsøk angående siktstrekning til forhindringer (Johansson, Rumar, 1968). Her ble benyttet en plan gjenstand på 1,0 m x 0,4 m, dessuten en sylindrisk med høyde 1,6 m og diameter 0,4 m. For å unngå silhuetteeffekt¹ ved møte mellom biler på ubelyst veg, gikk en over til en plan gjenstand 0,4m x 0,4 m og dessuten 0,2 m x 0,2 m. Reflektansene hos gjenstandene var i området 0,04 - 0,05.

3.1.3 Aktuelle forslag til standardgjenstander

VTI (Notat og direkte informasjon) har gjort en rekke undersøkelser med en plan standardgjenstand, 0,40 m x 0,40 m og reflektanser 0,02, 0,07 og 0,18.

¹Silhuette-effekt er det fenomenet som oppstår når en mørk (ubelyst) gjenstand observeres mot en belyst bakgrunn, f.eks. når lyskilden ligger bak gjenstanden sett fra observatøren.

(Reflektansverdiene 0,04 - 0,05 fra Uppsala benyttes også fremdeles). Ved VTI mener en å ha fått såpass gode resultater med denne gjenstanden at det har liten hensikt å gå over til en ny.

LTL (Direkte informasjon) foreslår at det kan innføres en "standardfotgjenger" i form av en sylinder med høyde 1,00 m og diameter 0,30 m. LTL's forslag er begrunnet med at tilsvarende sylinder er brukt til studium av forhindringers synlighet i vegbelysning, og at det kan være praktisk å benytte samme standardgjenstand og målemetode ved vegbelysning og på vegger uten fast belysning.

Franklin Institute, USA, foreslår (Janoff et al., 1978) bruk av en liten standardgjenstand ved undersøkelser av synsforhold på vegger. Det er en sylinder med høyde 9 cm (3,5") og diameter 18 cm (7"). På toppen av sylindere er plassert en halvkule med diameter 18 cm, slik at gjenstandens totalhøyde også blir 18 cm. Overflaten skal være diffust reflekterende med reflektans 0,18. Valget av gjenstandens dimensjoner og reflektans er ikke nærmere begrunnet, men forslaget har en viss interesse fordi det muligens vil bli antatt som standard i USA.

3.1.4 Beskrivelse av en mulig ny standardgjenstand

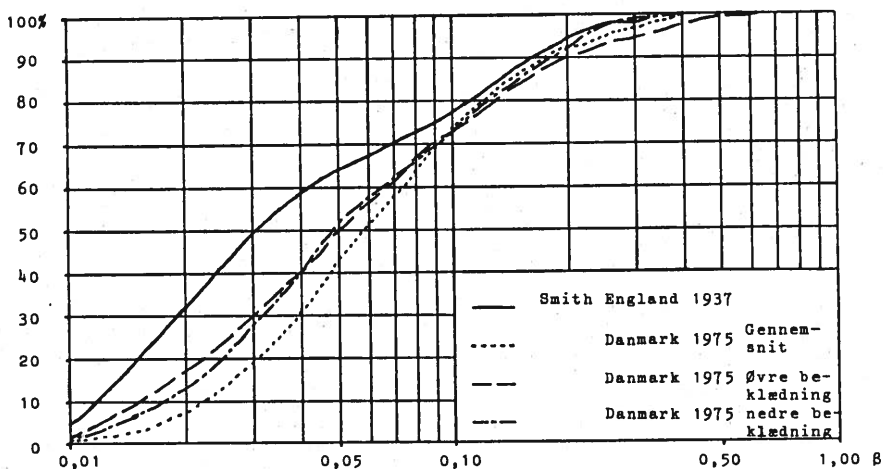
I det følgende skal gis en beskrivelse av reflektanser og dimensjoner for en stor og en liten standardgjenstand som gruppen mener det kan være aktuelt å undersøke nærmere med tanke på praktisk bruk. Begrunnelsen for den store gjenstanden er LTL's forslag og argument for en felles standardgjenstand for undersøkelser både på belyste og ubelyste vegger. Som argument for den lille gjenstanden er det blitt framhevet at det allerede er gjort et betydelig antall undersøkelser med standardgjenstander av størrelse omkring 0,20 m x 0,20 m. Det blir også lagt vekt på forslaget fra Franklin Institute til USA-

standard.

3.1.4.1 Reflektanser

Siden den store gjenstanden skal representere en fotgjenger, er det naturlig å ta som utgangspunkt de reflektansene som forekommer hos fotgjengerbekledninger.

En dansk undersøkelse (Hansen, Larsen, 1979) resulterte i en reflektansfordeling som vist i figur 3.1.



Figur 3.1 Reflektansfordelinger for fotgjengerbekledning. 1024 målinger ved Hansen og Larsen, 1975, sammenlignet med 200 målinger ved Smith, 1937. (Fra Hansen, Larsen, 1979).

Distribution of reflectances for pedestrians' clothes. 1024 measurements by Hansen and Larsen, 1975, compared to 200 measurements by Smith, 1937. (From Hansen, Larsen, 1979).

Av resultatene kan en slutte at det ikke er realistisk å representere fotgjengerbekledninger med en enkelt reflektansverdi. En kan tenke seg at fraktilverdiene for henholdsvis 10%, 50% og 90% velges som basisverdier. Det tilsvarer reflektansverdiene 0,02, 0,06 og 0,18.

I praksis vil en imidlertid få den vanskeligheten at det neppe kan skaffes tekstiler med reflektansverdier tilstrekkelig nær basisverdiene. En må derfor tillate et visst prosentvert variasjonsområde for hver verdi, og samtidig kreve at den virkelige reflektansverdien måles og angis for hver undersøkelse.

Den lille gjenstanden kan en tenke seg gis en reflektans tilsvarende sten, som en antar utgjør en vesentlig del av de små, naturlig forekommende gjenstandene på vegger. Målinger på stenprøver som subjektivt ble bedømt til å være ganske representative i farge og reflektans (Brekke, 1979), antydte en rimelig reflektans på 0,18 for våte stener.

Når det gjelder gjenstandenes form, ble det foreslått at de burde være sylindriske med en halvkule på toppen, tilsvarende forslaget fra Franklin Institute.

De to foreslåtte nye gjenstandene har dermed følgende data:

a) Stor gjenstand

Geometrisk form:

Sylinder med høyde 0,80 m og diameter 0,40 m.

På toppen av sylinderen en halvkule med diameter 0,40 m.

Totalhøyde 1,00 m.

Reflektanser:

Gjenstanden skal være diffust reflekterende med følgende basisverdier for reflektansen: 0,02, 0,06 og 0,18.

b) Liten gjenstand

Geometrisk form:

En sylinder med høyde 0,09 m og diameter 0,18 m.

På toppen av sylindere en halvkule med diameter 0,18 m.

Totalhøyde 0,18 m.

Reflektanser:

Gjenstanden skal være diffust reflekterende med basisreflektans 0,18.

3.1.4.2 Konklusjoner

Prosjektgruppen har diskutert ganske inngående berettigelsen av å innføre en ny, romlig standardgjenstand, slik forslaget fra LTL går ut på. I tillegg til LTL's egen begrunnelse, har det vært anført at den romlige formen på gjenstanden i seg selv kan gjøre den mer representativ enn en plan gjenstand med tilsvarende mål ettersom naturlig forekommende gjenstander på vegen er romlige. Det har imidlertid også vært påpekt at en romlig gjenstand kan gi ekstra måle- og observasjonsproblemer, og at resultatene fra forsøk med denne gjenstanden kan være vanskelige å sammenligne med de som finnes for plane gjenstander. Disse problemene kan bare avklares ved praktiske forsøk. Det vil derfor være av betydning å få gjort en sammenligning av de ulike standardgjenstandene som idag er i bruk, eller som er foreslått tatt i bruk. Disse gjenstandene er:

Store gjenstander:

- a) Plan gjenstand 1,0 m x 0,4 m. (Reflektans ikke spesifisert).
- b) Sylinder, høyde 1,0 m, diameter 0,4 m. (Reflektans ikke spesifisert).
- c) Sylinder med halvkule på toppen.
Totalhøyde 1,0 m, diameter 0,4 m.
Reflektanser 0,02, 0,06 og 0,18.

Små gjenstander:

- a) Plan gjenstand 0,4 m x 0,4 m. Reflektanser 0,02, 0,07 og 0,18.
- b) Plan gjenstand 0,2 m x 0,2 m. (Reflektans ikke spesifisert).
- c) Sylinder med halvkule på toppen.
Totalhøyde 0,18, diameter 0,18 m.
Reflektans 0,18.

3.2 Vejbelægningsers refleksionsegenskaber

3.2.1 Alment

Vejbelægningen indvirker på flere måder på forholdene ved mørkekørsel på ubelyst vej. Vejbelægningen danner således baggrund for eventuelle genstande på kørebanen og må have betydning både for bilførers adaptationstilstand, for genstandenes kontrast i belysningen fra billygterne, og dermed for genstandenes synlighed.

En populær antagelse er, at i vejbelysning vil vejbelægningen normalt have en højere luminans end genstande på kørebanen (dette er også rigtigt), mens i billygtebelysning får vejbelægningen en lav belysningsstyrke under de flade belysningsretninger, så genstande normalt får den højeste luminans og fremtræder i positiv kontrast. Denne antagelse kunne indikere, at vejbelægninger på ubelyste veje bør være mørke, så genstande fremtræder i størst mulig kontrast.

Forholdene er imidlertid mere komplicerede og langt fra afklarede på nuværende tidspunkt. Således får vejbelægningen ofte den højeste luminans, så genstande optræder i negativ kontrast. Dette skyldes, at belysningsretningerne ganske vist er næsten parallelle med vejens plan, men alligevel er rettet mere direkte mod de flader i vejbelægningens tekstur, der vender mod synsretningen.

Endvidere kaster belysningen skygger omkring genstanden, så dennes synlighed i højere grad skyldes skyggerne og genstandens kontrast til skyggerne. I LTL-rapport nr. 9 konkluderes det på baggrund af EDB-beregninger, at genstande normalt er bedst synlige på lyse vejbelægninger. Nyere undersøgelser hos VTI (Helmers 1979) antyder derimod, at vejbelægningens lyshed ikke spiller nogen afgørende rolle for synligheden af genstande på kørebanen.

Hvad angår afmærkningen på kørebanen, er der dog næppe tvivl om, at denne fremtræder med den bedste kontrast og synlighed, når vejbelægningen er mørk.

Vejbelægningens lyshed kan dog også på andre måder øve væsentlig indflydelse på de visuelle forhold. En lys vejbelægning med det deraf følgende højere adaptationsniveau hos trafikanten kan medføre, at denne er mindre påvirkelig af blanding fra modkørende og fra lyskilder uden for kørebanen.

Hertil kommer, at belægningens egen synlighed, som må være bedst, når den er lys, kan have betydning for den visuelle føring og for bilistens bedømmelse af egen og andre trafikanters position og hastighed.

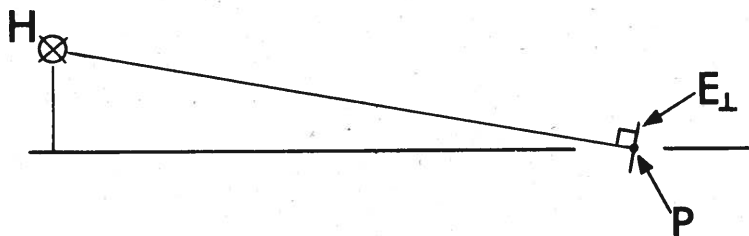
Der er således forhold, som taler både for og imod, at en belægning skal være lys i belysning fra bilistens egne lygter og forholdene kræver nærmere undersøgelser. Hvad angår belægningens spejlende refleksion ved belysning fra modkørende bilers lygter er der dog næppe tvivl om, at denne bør være lav af hensyn til begrænsning af indirekte blanding, udviskning af kontraster til afmærkninger m.v.

I Danmark udlægges der traditionelt overvejende lyse eller middellyse vejbelægninger på større, ubelyste veje og overvejende mørke belægninger på mindre veje. I Norge og Sverige udlægges der normalt mørkere vejbelægninger.

3.2.2 Definitioner

En vejbelægningens refleksionsegenskaber under belysning fra billygter beskrives på grund af det flade lysindfald mest hensigtsmæssigt ved hjælp af den specifikke luminans, SL . Den specifikke luminans er forholdet mellem luminansen, L af et

udsnit af vejbelægningen omkring et punkt og belysningsstyrken, E_{\perp} i punktet på et plan vinkelret på belysningsretningen. Se fig. 3.2.



Figur 3.2 Definition af den specifikke luminans SL.

H: Bilygte.

P: Punkt på vejoverflade.

$$SL = \frac{L}{E_{\perp}} \text{ (cd/m}^2\text{) / lux}$$

hvor L (cd/m^2) er vejbelægningens luminans ved punktet P (afhænger af observatørens position), og E_{\perp} (lux) er belysningsstyrken på et plan, som står vinkelret på belysningsretningen i punktet P.

Definition of the specific luminance, SL.

H: Car headlight.

P: Point on road surface.

$$SL = \frac{L}{E_{\perp}} \text{ (cd/m}^2\text{) / lux}$$

where L (cd/m^2) is the road surface luminance at the point P (dependent on the observer position), and E_{\perp} (lux) is the illuminance at P on a plane perpendicular to the direction of illumination.

Betegnelsen specifik luminans, SL stammer fra et udkast til en CIE rapport "Terminology of Retroreflectors", og har således endnu ikke officiel vægt. Den samme betegnelse er imidlertid foreslået af den nordiske koordineringsgruppe for mørke- trafikforskning (Mørkertrafik 1978) til CIE, og optræder endvidere i endnu et udkast til en CIE

teknisk rapport "Road Surfaces and Lighting".

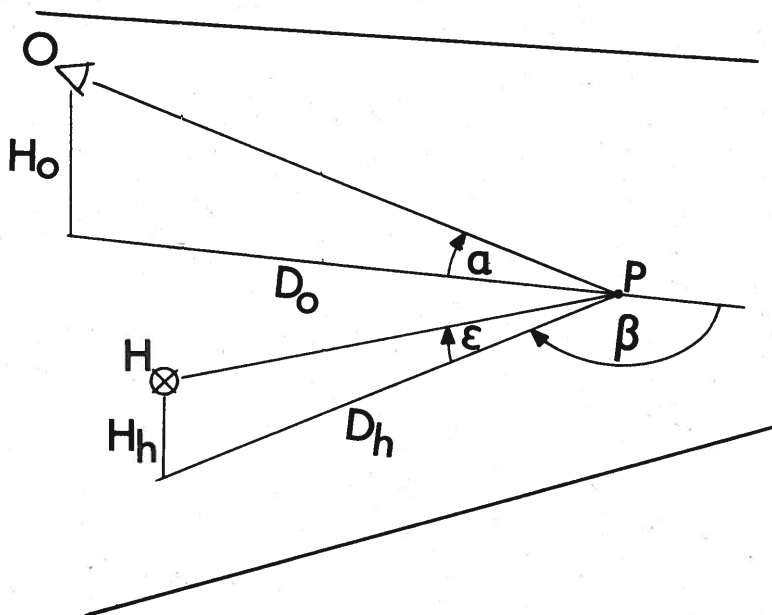
I tidligere publikationer er der benyttet andre betegnelser end de ovennævnte, og der er endog benyttet parametre med en lidt anden definition, hvor luminansen, L sættes i forhold til belysningsstyrken i punktet på et vertikalt plan, der er orienteret mod belysningsretningen. På grund af de næsten vandrette belysningsretninger kan denne belysningsstyrke imidlertid sættes lig med den ovennævnte, E_{\perp} , således at alle de benyttede parametre kan opfattes som specifikke luminanser.

Belysnings- og observationsgeometrien fastlægges af de i fig. 3.3 viste vinkler, belysningsvinklen ϵ , observationsvinklen α samt azimuthvinklen β , d.v.s. vinklen mellem et lodret plan gennem belysningsretningen og et lodret plan gennem observationsretningen. Begge vinklerne ϵ og α måles i forhold til vejens plan, vinklen ϵ er således komplementarvinklen til lysets indfaldsvinkel, der i vejbelysning betegnes med γ ($\epsilon = 90^{\circ} - \gamma$). Det bemærkes, at der ikke er international enighed om dette vinkelkoordinatsystem. I nogle tilfælde kan således ses benyttet et vinkelkoordinatsystem, som stammer fra måling af retroreflekterende vejtavler o.l.

Ved brug af de ovennævnte tre vinkler er der gjort den implicitte antagelse, som også ligger bag refleksionstabeller til vejbelysning, at observationsplanets vinkel med vejens længderetning, δ ikke spiller nogen rolle. Der kan måske forekomme specielle tilfælde, hvor denne vinkel også må tages i betragtning.

Da de interessante belysnings- og observationsafstande er meget større end lygtehøjde og observa-

tionshøjde, er vinklerne ϵ og α begge små, af størrelsesordenen 1° .



Figur 3.3

Definition af de vinkler, som fastlægger belysnings- og observationsgeometrien.

- ϵ : Belysningsvinkel = H_h/D_h
 hvor H_h er lygtehøjden,
 og D_h er belysningsafstanden.
- α : Observationsvinkel = H_o/D_o
 hvor H_o er observationshøjden,
 og D_o er observationsafstanden.
- β : Azimutvinkel, vinklen mellem det lodrette plan gennem belysningsretningen og det lodrette plan gennem observationsretningen.

Definition of the angles of illumination and observation geometry.

- ϵ : Illumination angle = H_h/D_h
 where H_h is the headlight mounting height,
 and D_h is the illumination distance.
- α : Observation angle = H_o/D_o
 where H_o is the observer eye height,
 and D_o is the observation distance.
- β : Aximuthal angle, angle between vertical planes of illumination and observation.

Den mest interessante situation, hvor kørebanen belyses af observatørens egne billygter, er karakteriseret ved, at β er omtrent 180° , og ved at belynings- og observationsafstand er omtrent ens, således at ϵ og α danner et indbyrdes forhold omtrent lig forholdet mellem lygte- og observationshøjde. Da lygtehøjden i praksis er mindre end observationshøjden, er forholdet ϵ/α mindre end 1. I en anden interessant situation belyses kørebanen af lygterne på en modkørende bil. Vinklerne afhænger af punktets placering på kørebanen og køretøjernes indbyrdes position. Azimuthvinklen, β ligger i nærheden af 0° , og vinklerne ϵ og α kan variere uafhængigt af hinanden.

3.2.3 Måleapparater

Måleapparater er enten laboratorieapparater eller opstillinger, hvis måleemner er vejprøver, eller transportable apparater, der måler direkte på kørebanen.

Af laboratorieapparater kendes der følgende:

a. Lysteknisk Laboratorium, LTL, Danmark før 1977

Apparatet til måling af refleksionstabeller til vejbelysning havde faciliteter til måling af den specifikke luminans ved vinklerne $\epsilon = 0,5^\circ$, $\alpha = 1^\circ$ og $\beta = 175,7^\circ$. Målinger foretages normalt for en tør og en serie af våde tilstande, heriblandt CIE's standardvåde tilstand, som defineret i CIE rapport nr. 30. Målinger omtalt i LTL rapport nr. 9, nr. 10 og i Mørkertrafik rapport nr. 2 er udført med dette apparat.

b. Lysteknisk Laboratorium LTL, Danmark efter 1977

Ovennævnte apparat ændredes, så målevinklerne stemmer overens med koordineringsgruppens forslag til CIE (Mørkertrafik 1978), d.v.s. $\epsilon = 0,74^\circ$, $\alpha = 1,37^\circ$ og $\beta = 180^\circ$.

c. Statens Väg- och Trafikinstitut, VTI, Sverige

Dette apparat er opbygget specielt til måling af den specifikke luminans. Samtlige målevinkler kan indstilles, og indstillingsmulighederne omfatter begge de situationer, hvor kørebanen belyses af bilistens egne lygter eller af lygter på en modkørende bil. Apparatet har været benyttet bl.a. til målinger beskrevet i Mørkertrafik rapport nr. 2, hvor der blev benyttet en tør og en nærmere beskrevet våd tilstand, der ikke stemmer overens med den standardvåde tilstand.

d. Norges Tekniske Højskole, NTH/EFI, Norge

Måleopstillingen er semipermanent, der er foretaget lejlighedsvis målinger, men ikke større undersøgelser. Målevinklerne kan varieres.

e. KEMA, Holland

Som i det danske apparat er der tale om en ekstra facilitet i et apparat til måling af refleksionstabeller til vejbelysning. Målevinklerne er faste $\epsilon = 0,57^\circ$, $\alpha = 1,15^\circ$ og β omtrent 180° . I nogle publicerede målinger (Burghout 1975) er der benyttet borekærner med 10 cm i diameter som prøver, og både tør og en ikke nærmere beskrevet våd tilstand.

Af transportable apparater kendes:

f. Statens Väg- och Trafikinstitut, VTI, Sverige

Apparatet måler en værdi af den specifikke luminans for den situation, hvor kørebanen belyses af bilistens egne lygter, $\epsilon = 1,7^\circ$, $\alpha = 3,2^\circ$ og $\beta = 180^\circ$, og en værdi for den situation, hvor kørebanen belyses af en modkørende bils lygter, $\epsilon = \alpha = 3,2^\circ$ og $\beta = 0^\circ$. Se VTI intern rapport nr. 89. Apparatets følsomhed er for lav til måling af mørke vejbelægninger.

g. Veglaboratoriet/Lysteknisk Laboratorium EFI/
NTH

Apparatet måler en værdi af den specifikke luminans, hvor $\epsilon = 0,74^\circ$, $\alpha = 1,37^\circ$ og $\beta = 180^\circ$. Dette sæt af vinkler er nærmere begrundet i nogle indledende vurderinger, som er angivet i EFI teknisk rapport nr. 1910, og som har dannet grundlag for koordineringsgruppens forslag til CIE.

h. Firmaet Erichsen, Svejts

Apparatet, som forhandles kommercielt, måler ligeledes en værdi af den specifikke luminans, hvor $\epsilon = 3,5^\circ$, $\alpha = 5^\circ$ og $\beta = 180^\circ$. Apparatet er konstrueret til måling af afmærkningen på kørebanen og har tilsyneladende ikke tilstrækkelig følsomhed til måling af mørke vejbelægninger. Apparatet er konstrueret i henhold til et DIN-norm forslag.

i. Firmaet Optronik, Tyskland

Apparatet, som forhandles kommercielt, er ligeledes konstrueret i henhold til ovennævnte DIN-norm forslag. Apparatbeskrivelse i øvrigt som for Erichsen's instrument.

j. Firmaet Ecolux, Frankrig

Udviklingen af apparatet (Serres 1978) sker tilsyneladende parallelt med et fransk normarbejde angående afmærkningen på kørebanen. Der måles en værdi af den specifikke luminans, hvor $\epsilon = 3,5^\circ$, $\alpha = 4^\circ$ og $\beta = 180^\circ$.

Udover de ovennævnte apparater finder der formentlig en del, som ikke har været beskrevet i litteraturen, og som ikke på anden måde er kendte.

Der har været foretaget nogle få sammenlignende målinger med apparater i de skandinaviske lande. Som omtalt i LTL-rapport nr. 9, fandtes der således for et forholdsvis lille udsnit af vejprøver

en rimelig god overensstemmelse mellem apparaterne a. (LTL før 1977) og f. (VTI, transportabelt).

Målingerne til Mørkertrafik rapport nr. 2 tillader endvidere en sammenstilling af målinger med apparaterne a. (LTL før 1977) og c. (VTI, stationært), hvor der ofte findes store, tilsyneladende tilfældige afvigelser op til 30-40 %.

En senere sammenligning mellem de skandinaviske laboratorieopstillinger afslørede endvidere betydelige forskelle, selv efter en indbyrdes tilpasning af målegeometrierne. Forskellene kunne dog reduceres betydeligt ved brug af ensartede metoder til kalibrering og opretning, jfr. LTL informationsgruppenotat nr. 125. Hvad angår det hollandske måleapparat må der forventes betydelige målefejl, fordi de små prøver, 10 cm i diameter, næppe kan oprettes korrekt og næppe har skyggedannelser i overfladen, som svarer til dem, der findes på større prøver og ubrudte vejoverflader.

Apparaterne f. (VTI, transportabelt), g. (Erichsen) er endvidere blevet sammenlignet ved målinger på en række afmærkninger og vejbelægninger. Der fandtes en dårlig sammenhæng mellem de forskellige apparaters måleværdier, se Sven-Olof Lundkvist 1980.

Apparaterne h., i. og j. er tiltænkt målinger på afmærkningen, og det er tvivlsomt, om apparaterne kan benyttes til måling på vejbelægninger.

3.2.4 Eksisterende viden

3.2.4.1 Målevinklernes indflydelse

For den situation, hvor kørebanen belyses af bilistens egne lygter, har målinger hos VTI vist, at for et fast forhold ϵ/α er SL omtrent uafhængig af ϵ , når denne er mindre end ca. $0,75^\circ$, d.v.s. at den specifikke luminans er omtrent uaf-

hængig af afstanden på kørebanen, når blot afstanden er rimelig stor, d.v.s. mindst ca. 50 m, se LTL rapport nr. 9. Denne observation, som også understøttes af målinger til Mørkertrafik rapport nr. 2, synes rimelig ud fra betragtninger over refleksionens natur.

En anden rimelig observation er, at SL er omtrent proportional med forholdet ϵ/α , når dette er mindre end 1. Denne observation er imidlertid kun baseret på nogle foreløbige målinger hos VTI, se LTL rapport nr. 9.

Endvidere synes det sandsynligt, at SL er omtrent uafhængig af små afvigelser af β fra 180° , således som de forekommer i nogle måleopstillinger og i praksis på grund af lygternes afstand i tværetningen i forhold til observatøren. Dette forhold er imidlertid ikke undersøgt ved hjælp af målinger.

Hvad angår den situation, hvor kørebanen belyses af en modkørende bils lygter, kendes der kun et sæt målinger i Mørkertrafik rapport nr. 2, hvor $\beta = 0^\circ$ og $\alpha = \epsilon$. Det fandtes, at SL vokser stærkt, når α og ϵ aftager, d.v.s. SL vokser stærkt med afstanden mellem to køretøjer. Det må forventes, at SL varierer stærkt med alle tre vinkler.

3.2.4.2 Afhængighed af belægningens sammensætning

Den specifikke luminans for belysning af bilistens egne lygter er et udtryk for vejoverfladens evne til refleksion i retninger, der danner store vinkler med lysets indfaldsretning dvs. en refleksion af overvejende diffus karakter. Det er derfor ikke forbavsende, at den specifikke luminans påvirkes stærkt af lysheden af belægningens stenmateriale og af belægningens tilslidning, som det fremgår af især Mørkertrafik rapport nr. 2. De hollandske målinger (Burg-

hout 1975) viser yderligere en afhængighed af stenmaterialets kornstørrelse, hvad der dog udmærket kan skyldes systematiske målefejl på grund af prøvernes lille størrelse.

Den specifikke luminans for belysning af kørebanen fra lygter på en modkørende bil er derimod et udtryk for refleksion i retninger, der danner små vinkler med lysets indfaldsretning, d.v.s. en kraftigere, spejlende refleksion. Der burde forventes nogen afhængighed af overfladens tekstur, og af hvor stærkt denne bringes frem under belægningens tilslidning. Det er i overensstemmelse hermed, at Mørkertrafik rapport nr. 2 viser lavere SL-værdier for prøver, som slides med pigdæk, end for prøver, som slides med sommerdæk. Derudover ses der imidlertid kun en ringe virkning af belægningens type, stenmaterialets kornstørrelse og strukturtyden i overfladen.

Endvidere findes der data for en række belægnings typer i Veglaboratoriet intern rapport nr. 826, samt i LTL rapport nr. 10.

Af VTI intern rapport nr. 150 ses i øvrigt nogle interessante årstidsvariationer under praktiske forhold, som formentligt skyldes brug af pigdæk i vintersæsonen.

3.2.4.3 Indflydelse af befugtning

For belysning af bilistens egne lygter, hvor den specifikke luminans ikke er præget af spejlende refleksion, er det naturligt at en befugtning virker som en mørkfarvning af overfladen og bevirker en sænkning af SL. I LTL rapport nr. 9, Mørkertrafik rapport nr. 2 samt Veglaboratoriet intern rapport nr. 826 konstateres reduktioner af SL til brøkdelen af værdierne for den tørre tilstand. Denne brøkdel er lavere, jo mørkere prøven

er, men synes desuden at være påvirket af andre forhold, f.eks. restbitumen på overfladen.

Når virkningen af befugtningen tages i betragtning, synes det også rimeligt, at den aktuelle fugtighedsgrad ikke spiller så stor en rolle, når blot prøven er jævnt fugtig. Dette forhold bekræftes af bl.a. LTL's målinger på forskellige fugtighedstilstande, se udkast til CIE rapport, "Road Surfaces and Lighting".

For den situation, hvor kørebanen belyses af en modkørende bils lygter, viser målingerne i Mørkertrafik rapport nr. 2, at SL vokser kraftigt med befugtning af prøver og endog med dekader, hvis der som på kortere afstand er synlige og belyste vandspejle i bunden af overfladestrukturen. SL og måske endog dens vinkelafhængighed må antages at afhænge af fugtighedsgraden.

3.2.5 Konklusion

Den specifikke luminans af vejbelægninger frembyder en vanskelig måleopgave af en lang række årsager.

Som ved andre lystekniske målinger kan der være problemer med kalibrering af udstyret, med korrekt farvekorrektion af detektoren o.s.v. Som det kendes fra andre reflektionsmålinger spiller endvidere lyskildens lysfarve ind, og der kan være specielle effekter fra polarisering af det indfaldende eller det reflekterede lys.

Ved denne måling er der yderligere den vanskelighed, at måleemnet har tekstur og evt. nogen krumning. Dette fører til usikkerhed med hensyn til indstilling af målevinklerne og belysningsfordelingen hen over målefeltet kan blive fejlagtig. Endelig må der benyttes små aperturvinkler, hvad

der sammen med de små målevinkler påbyder anvendelse af god optik, følsomme detektorer og avanceret elektronik.

Måleteknikken kan ikke anses for at være fuldt udviklet, hvad også de sammenlignende målinger tyder på. Der bør således arbejdes videre med opstilling af de nødvendige apparatspecifikationer, specifikationer for måleemnet og med metoder til opretning og kalibrering.

Den praktiske anvendelse af den specifikke luminans i normer og kontrolmålinger forudsætter, at der kan udpeges en eller nogle få værdier, som beskriver den enkelte vejbelægnings samlede egenskaber tilstrækkelig nøjagtigt. Dette forudsætter igen, at målegeometriens og den våde tilstands betydning afklares, før der kan træffes et sikkert valg af de ovennævnte beskrivende parametre. På trods heraf er der kun opnået en delvis afklaring for den situation, hvor kørebanen belyses af bilistens egne lygter, og der vides kun lidt om den situation, hvor kørebanen belyses af en modkørende bils lygter.

Det er derfor særligt påtrængende at få afklaret disse fundamentale forhold ved mere komplette målinger på en række forskellige overflader og analyse af resultaterne. Analysen kan formentligt med fordel understøttes af modelbetragtninger over refleksionens natur og overfladernes egenskaber, således at målingerne indrettes med henblik på undersøgelse af lovmæssigheder, som fremkommer af modelbetragtningerne.

Når dette grundlæggende arbejde er udført, må der udvælges eller udvikles parametre til simplificeret beskrivelse og måling af vejbelægnings refleksionsegenskaber i billygtebelysning. Hvad an-

går belysning fra bilistens egne lygter, må den nordiske aftale om at benytte vinklerne $\epsilon = 0,74^\circ$, $\alpha = 1,37^\circ$ og $\beta = 180^\circ$, der som tidligere nævnt også foreligger som et forslag til CIE, vises særlig opmærksomhed. Hvad angår belysning fra modkørende bilers lygter, kan problemstillingen ikke vurderes på nuværende tidspunkt.

Sidste fase i arbejdet er opstilling af relationer mellem vejbelægnings sammensætning og de simplificerede beskrivelsesparametre. Her er tidligere gennemførte målinger uundværlige, men pålideligheden må vurderes i hvert enkelt tilfælde, og målingerne kan måske ikke altid benyttes i en absolut målestok. Til nøjere fastlæggelse af absolutte værdier, f.eks. kravværdier i normer, er det formentlig nødvendigt at foretage supplerende målinger.

3.3 Afmærkningen på kørebanen

3.3.1 Alment

Afmærkningen på kørebanen tjener til at give trafikanten visuel information om vejens forløb, information om hans placering på kørebanen og manøvrer muligheder m.v., og den angår specielle reguleringer m.v.

Afmærkningen bør have en så stor specifik luminans i forhold til kørebanen, at den i mørkekørsel bliver synlig på tilstrækkelig stor afstand i belysning fra bilistens egne lygter. Dette bør være tilfældet i både tørt og fugtigt vejr.

Betydningen af gode afmærkninger fremgår af, at undersøgelser i England og USA har påvist øget trafiksikkerhed ved brug af specielle vejmarkeringer med retroreflekterende elementer. Se Forsberg, 1978.

Det er højst tænkeligt, at brug af gode vejmarkeringer på ubelyst vej kunne føre til en forbedret trafiksikkerhed også i de skandinaviske lande, jfr. kapitel 2, hvori der peges på det store antal single-uheld og betydningen af god visuel føring.

Sverige har, som det eneste skandinaviske land, normkrav for vejmarkeringers specifikke luminans, se Statens Vægverk Anvisning, kapitel 365 "Vægmarkeringar". Kravene er, at den specifikke luminans for tørre markeringer, målt i en geometri som i VTI's transportable apparat (apparat f., afsnit 3.2.3), er mindst 70 mcd/m²/lux det første år og mindst 40 mcd/m²/lux det næste år. Danmark har et lignende forslag til regler for vejmarkeringers specifikke luminans, som dog baseres på målegeometrien i det norske apparat (apparat g., afsnit 3.2.3). Desuden har en række andre lande regler eller forslag baserede på forskellige målegeometrier.

Ud over at udvise en tilstrækkelig specifik luminans bør afmærkningen desuden være så lys i forhold til vejbelægningen, at den er synlig i dagslys, og afmærkningen bør have en tilstrækkelig friktion. Disse forhold, som omfattes af en del nationale regler, omtales i næste afsnit sammen med de forskellige materialer til afmærkninger, hvis pris og holdbarhed også vurderes.

Omtalen er imidlertid ganske kort, da emnerne ikke har central betydning i denne rapport. En grundigere omtale af nogle af materialerne findes i bl.a. det danske vejregelsekretariats vejregelforberevende rapport 3, "Afmærkning på kørebanen, materialer, krav, udførelse, økonomi" (1978).

Det er af praktiske årsager vigtigt, at der anvendes samme definitioner og betegnelser for refleksionsegenskaber af vejbelægning og vejmarkering. I det følgende benyttes derfor de definitioner og betegnelser, som fremgår af afsnit 3.2.

De i afsnit 3.2.3 omtalte måleapparater kan anvendes også til vejmarkeringer, og nogle af de transportable apparater er endog udviklet specielt hertil. Hvad angår apparater med faste målegeometrier, har foreløbige undersøgelser hos VTI og LTL antydnet, at måleresultatet afhænger stærkt af den valgte geometri (og måske endda af måleaperturen), således at måleresultater med forskellige apparater er vanskeligt sammenlignelige. Se Sven-Olof Lundkvist, 1980 samt LTLI notat nr. 130.

Den indtil nu fremkomne viden om vejmarkeringers specifikke luminans omtales i afsnit 3.3.3, mens der i afsnit 3.3.4 gives en sammenfattende konklusion.

3.3.2 Omtale af materialer

Afmærkningen på kørebanen kan foretages med forskellige materialer:

1. Maling
2. Termoplast
3. Hærdemasse
4. Tape
5. Lys pulverasfalt
6. Lys overfladebehandling
7. Lyse profilerede fliser

I de fleste afmærkninger søges den specifikke luminans forbedret ved anvendelse af retroreflekterende glasperler. Glasperlerne kan være påstrøget overfladen af visse typer materialer, inden disse størknede eller hærdede (drop-on perler), og/eller perlerne kan være iblandede materialet (premix perler), så de frigøres i overfladen, efterhånden som afmærkningen nedslides.

Kun perler, som er omtrent kugleformede, og som ikke har fejl i form af indesluttede luft-blærer o.l., har den retroreflekterende virkning. I nogle lande, herunder Sverige og Tyskland, udføres der derfor kvalitetsafprøvning af perler.

Da belysningen af billygter sker i omtrent vandrette retninger, har perler, der ligger højt i overfladen af vejmarkeringer, formentlig den kraftigste retroreflekterende virkning. Sådanne perler må samtidig være ret svagt fæstnede og udsat for afrivning. Disse forhold begrunder måske den i næste afsnit omtalte hurtige aftagen af retroreflekterende vejmarkeringers virkning under slid.

Det almindeligst anvendte afmærkningsmateriale i dag er maling, som falder i tre typer, én-komponent, Hot-spray og to-komponent. Blandt disse ty-

per er én-komponent maling den dominerende. Der anvendes i noget omfang malinger med iblandede perler.

Malinger kan være ganske lyse, de er billige og nemme at udføre, men deres friktion er normalt dårlig og holdbarheden er af størrelsesordenen 1 år.

Termoplaster anvendes især på veje med stærk trafik. Termoplasterne er noget dyrere end malinger, men til gengæld anses friktionen for at være tilfredsstillende, og holdbarheden regnes i Danmark for at være nogle år. I Norge og Sverige er holdbarheden dog nok knap så god på grund af den almindelige brug af pigdæk i vintersæsonen.

Der anvendes 3 forskellige typer termoplaster, Spray-plastic, overflademasser og forsækningsmasser. De to førstnævnte er ret finkornede og påføres selve belægningen, mens den sidstnævnte er mere grovkornet og må forsænkes i belægningen. Alle tre typer termoplaster kan forsynes med både påstrøgne og iblandede perler.

Hærdemasser er formentlig stadig på forsøgsstadiet, men ventes i Danmark at få en stor fremtid på grund af en meget lang holdbarhed. Hærdemasser kan ligeledes både påstryges og iblandes perler. Hærdemassers store slidstyrke er formentlig uheldig med hensyn til perlernes funktion. Det må forventes, at perlerne slides hurtigere end massen, således at overfladen af afmærkningen efterhånden får en ringe besætning af perler. I Norge og Sverige, hvor vejbelæggningerne slides kraftigt af pigdæk om vinteren, bør afmærkningen i øvrigt ikke være så stærk, at den kan modstå sliddet og danne "volde" på kørebanen.

Tape, d.v.s. en præfabrikeret markering, er som regel en maling på klæbende folie med påstrøgne perler. Sådanne tapes bruges kun lidt, og slet ikke i Norge, da de er dyre, og der kan være problemer med vedhæftningen til vejbelægningen.

Friktionen anses for at være god, indtil perlerne er slidt bort.

Tapes kan muligvis have en fremtid til udlægning af komplicerede figurer, samt til provisoriske afmærkninger, idet tape nemt lader sig fjerne.

Der kan endvidere være en fremtid i andre typer tapes, hvoraf der kendes nogle få på forsøgsstadiet. En af disse udnytter cube-corner princippet til en kraftig retroreflekterende virkning. Holdbarhed og pris er ukendte.

I Danmark kan der stadig mødes en type markeringer, som er en pulverasfalt med lyse sten og hvidfarvet bitumen forsænket i belægningen. Egenskaber som tekstur, friktion og holdbarhed er gode, men materialet udlægges ikke mere på grund af den høje pris.

I Danmark benyttes endvidere til kantlinier på motorveje en overfladebehandling med ret store, lyse sten af størrelsen 5-8 mm eller 8-12 mm. Disse kantlinier er ret dyre, men har til gengæld en god friktion og lang holdbarhed. En yderligere fordel er en advarende hjulstøj, når kantlinierne overkøres.

Forsøgsmæssigt er der i Danmark endvidere anvendt profilerede fliser som kantlinier på motorveje. Et væsentligt sigte med disse fliser er, så vidt vides, den ovennævnte, advarende hjulstøj.

3.3.3 Eksisterende viden

3.3.3.1 Målegeometriens indflydelse

De eneste kendte målinger til afsløring af målegeometriens betydning for den specifikke luminans af vejmarkeringer er foretaget af subkomiteen "Retroreflection" i CIE's materialkomite, "A report in view of drafting a recommendation for the photometry of retroreflective road-markings", udkast 1979. Disse målinger er desuden kontrolleret og udbygget i et samarbejde mellem VTI og LTL, se LTL informationsgruppe notat nr. 130.

De ovennævnte målinger er ikke komplette, bl.a. er de anvendte markeringer ikke typiske for praktisk brug, og ikke alle relevante geometriske forhold er undersøgt. Nedenstående konklusioner er derfor foreløbige.

Afmærkninger uden retroreflekterende elementer, f.eks. maling uden perler og lys overfladebehandling, må anses for at være lyse specialtilfælde af vejbelægnings. Der henvises derfor til afsnit 3.2.4.1.

Afmærkninger med perler synes at vise et kraftigt fald i den specifikke luminans med voksende forhold mellem observations- og lygtehøjde, d.v.s. for voksende forhold mellem observations- og belysningsvinkel, α/ϵ . Dette fald må i nogen grad tilskrives ringere retrorefleksion af perlerne ved større vinkel mellem belysnings- og observationsretning.

Afmærkninger med perler viser desuden kraftige ændringer i den specifikke luminans med voksende afstand til afmærkningen, d.v.s. ved aftagende α og ϵ med et fast indbyrdes forhold. Op til ca. 30 m

vokser den specifikke luminans, hvorefter den i nogle tilfælde aftager og i andre tilfælde yderligere vokser. Disse variationer er formentlig det samlede resultat af flere konkurrerende effekter.

Disse konklusioner er for den situation, hvor markeringen belyses af en lygte lodret under observatøren, d.v.s. $\beta = 180^\circ$. Effekten af en forskydning af lygten til siden er ikke undersøgt, men den må forventes at have en kraftig reducerende virkning på perlernes retroreflektion.

Der er endvidere ikke foretaget undersøgelser for den situation, hvor markeringen belyses af en modkørende bils lygter.

3.3.3.2 Afmærkningsmaterialets og sliddets indflydelse

De ovennævnte data viser, at nye afmærkninger med påstrøgne perler kan have meget høje værdier af den specifikke luminans i belysning fra bilistens egne lygter, typisk 100-1000 (mcd/m²)/lux.

Undersøgelser foretaget hos VTI, se intern rapport nr. 89 og 93, hos det norske vejlaboratorium, se intern rapport nr. 899, samt nogle målinger hos LTL, se LTL rapport nr. 9, viser imidlertid, at vejmarkeringers specifikke luminans aftager stærkt under slidpåvirkning, typisk ned til værdier under 100 (mcd/m²)/lux og ofte til under 50 (mcd/m²)/lux.

Der findes kun ret få målinger for markeringer uden retroreflekterende perler. Markeringer bestående af lyse sten, især de i afsnit 3.3.2 omtalte overfladebehandlinger, synes at have specifikke luminanser af samme størrelse som slidte markeringer med perler.

Egenskaberne af maling uden perler afhænger formentlig stærkt af overfladens struktur og af markeringens slidtilstand, men der findes tilsyneladende ingen målinger til afklaring heraf.

Der findes heller ingen målinger af den specifikke luminans af afmærkninger for belysning af lygter på modkørende biler. Da forskellige typer afmærkninger har vidt forskellig overfladestruktur, varierer denne egenskab formentlig stærkt fra afmærkning til afmærkning.

3.3.3.3 Indflydelse af befugtning

En del af de i foregående afsnit omtalte målinger omfatter også den våde tilstand, om hvilke der derfor kan gives nogle konklusioner for den situation, hvor markeringen belyses af bilistens egne lygter.

Det er velkendt fra måling på vejbelægninger, at lyse, strukturerede overflader beholder en væsentlig del af deres specifikke luminans i våd tilstand. Den specifikke luminans af lyse overfladebehandlinger falder således kun med ca. 20 % fra tør til våd tilstand.

Markeringer med perler viser et langt kraftigere fald i specifik luminans i våd tilstand, fordi befugtede glasperler mister deres retroreflekterende virkning. Hvad angår slidte, våde markeringer med perler, må der påregnes værdier af den specifikke luminans under ca. 20 (mcd/m²)/lux. Sådanne restværdier af den specifikke luminans skyldes formentlig i overvejende grad markeringens lys-hed og struktur, og ikke perlernes virkning.

Hvad angår den specifikke luminans i belysning af lygter på modkørende biler, har befugtningen formentlig forskellige virkninger for de forskellige

afmærkninger, alt afhængig af disses overfladestruktur.

Det bemærkes, at der måske ikke kan benyttes den samme definition af typisk fugtig tilstand for afmærkningen som for vejbelægningen, da dræningen fra vejbelægningen ofte vil ske hen over afmærkningen.

3.3.4 Konklusion

Lovmæssigheder over geometriens indflydelse, som findes for vejbelægninger, kan ikke forventes at gælde for alle afmærkningsmaterialer og især ikke for afmærkninger med glasperler i overfladen. Der bør derfor udføres komplette målinger på en række afmærkningsmaterialer, og målingerne bør analyseres med henblik på brugbarheden af sådanne simplificerede beskrivelses- og målemetoder, som udvikles til vejbelægninger.

Når dette arbejde er udført, bør der foretages yderligere målinger af almindeligt benyttede afmærkningsmaterialers egenskaber, og herunder må der lægges vægt på et studium af egenskaberne under praktiske forhold med slid og misfarvning af afmærkningen.

Under sådanne målinger bør den egentlige nytteværdi af glasperler vurderes. Eksisterende målinger antyder således, at virkningen af glasperler reduceres kraftigt under slid af markeringer og reduceres yderligere, måske til praktisk talt nul, i vådt føre. Hertil kommer, at virkningen af glasperler måske er lavere end eksisterende målinger antyder, på grund af at bilers lygter i praksis sidder forskudt ud til siden for bilføreren.

Alt i alt kan egenskaberne af vejmarkeringer med glasperler næppe vurderes ud fra de meget høje

specifikke luminansværdier, der opnås for tørre og nye overflader. I praksis har markeringer både med og uden perler formentlig specifikke luminanser, som er af samme størrelsesordenen som vejbelægningens. Vejmarkeringer bør derfor ikke vurderes på samme måde som f.eks. vejkantreflektorer, d.v.s. som stærkt lysende flader i det sorte rum, men snarere som lyse flader på en noget mørkere baggrund, hvis synlighed afhænger af kontrastforhold, luminansniveau o.s.v.

Endelig bør våde tilstande, som anses for at være repræsentative for vejbelægninger, ikke uden videre antages at være repræsentative for afmærkningerne også. Der bør derfor foretages et studium af hyppigheden af forskellige våde tilstande af forskellige afmærkninger under praktiske forhold på vejen.

3.4 Refleksanordninger

3.4.1 Oversikt

Et kjøretøys lyskastere gir føreren en viss, men begrenset, mulighet til å få et korrekt inntrykk av vegens forløp. Dette avhenger i første rekke av vegbanens linjeføring, vegbanens refleksjonsegenskaper og vegens omgivelser. En forbedring av den visuelle føringen kan oppnås gjennom bruk av retroreflekterende markeringer.

Retroreflektorer virker i prinsippet som sekundære lyskilder med sterk retningsvirkning, idet de er konstruert for å reflektere innfallende lys tilbake mot lyskilden. Avhengig av detaljer i konstruksjonsprinsippet, vil en retroreflektor ha denne egenskapen innenfor et større eller mindre område av lysets innfallsvinkel.

Praktiske reflektorer består av et stort antall små retroreflekterende element. De to vanligste elementtypene er glasskuler og hjørnespeil (cube-corners). De to typene reflektorer har ulike egenskaper som er fysikalsk betinget, og som kan utnyttes i forskjellige brukssammenhenger (Brekke, 1980).

De viktigste retroreflekterende hjelpemidler for å øke vegens synlighet er:

- Retroreflekterende oppmerking på vegbanen
- Vegbanereflektorer (cat's eyes)
- Vegkantreflektorer (kantstolper)
- Retroreflekterende trafikkskilt og retningsmarkeringer.

Retroreflektorens optiske prinsipp er basert på brytning og refleksjon i glatte overflater. Elementene er derfor svært følsomme for skader og belegg i form av vann, støv o.a..

3.4.2 Retroreflekterende oppmerkinger på kjørebanelen

Det henvises til avsnitt 3.3.

3.4.3 Vegbanereflektorer

Dette er retroreflektorer av "cube-corner"- eller kattøye-typen som er montert enkeltvis, parvis eller i grupper vendt mot kjøreretningen. De brukes for å framheve midtlinjen og kantlinjen, og enhetene monteres da med et visst antall meters mellomrom. P.g.a. at de skal vendes mot kjøretøyets lyskastere, må de heves over kjørebanelens overflate med ca. 2 cm, noe varierende med typen. Dette medfører spesielle slitasjeproblemer og ikke minst skade ved snøbrøyting. Imidlertid fungerer de hevede reflektorhusene også som merkbare påminnelser i fall bilens dekk passerer over dem.

I teorien er slike reflektorer meget effektive, men i praksis nedsettes lysstyrken raskt av støv og skitt. Riktignok finnes det en selvrensende utgave, men rensingsmekanismen forutsetter at reflektorhuset blir kjørt over. Forsøk som er gjort av norske vegmyndigheter, tyder på at rensingsmekanismen fungerer dårlig ved lave temperaturer (foreløpig upublisert).

En mer ukonvensjonell løsning som teoretisk sett har store fordeler, er en type nedfelte reflekser som har et øvre plastlokk i vegbanens plan. Under lokket ligger "cube-corner"-reflektorer. Den stadige slitasjen av lokket gjør reflektorene lite effektive i tørt vær, men i regn fylles ujevnhetene med vann, og lyset får dermed en tilnærmet diffraksjonsfri passasje (Forsberg, 1978). Denne type reflektorer har ikke vært prøvd i Skandinavia, men burde studeres nærmere, da den opplagt har fordeler angående snøbrøyting. Ettersom den er nedfelt, vil den sannsynligvis være kostbar å montere, og den må også være tett, slik at vann ikke trenger inn og ødelegger retrorefleksjonsevnen. Derfor er den muligens også kostbar

å produsere. Det har også konsekvenser at dens effektivitet er så sterkt avhengig av været.

I de skandinaviske land finnes det liten erfaring med vegbanereflektorer. I Sverige har Vägverket et prosjekt i gang der en skal forsøke å finne fram til reflektorkonstruksjoner som tåler påkjeningene ved vintervedlikeholdet. Det inngår også i prosjektet å måle retrorefleksjonen hos disse vegbanereflektorene. Forsøk som hittil er gjort med tre forskjellige konstruksjoner (VTI, 1978), viste at allerede kort etter utleggingen av prøverefleksene var det tildels store skader på den ene av de tre typene, og sterk nedsmussing etter få dager av en annen type. Den tredje reflektortypen viste noe bedre resultater, men fremdeles ikke tilfredsstillende.

I Norge er det tillatt å bruke midtbanereflektorer i tunneler. Det finnes ingen tekniske krav til disse, heller ikke lystekniske. Det arbeides imidlertid med utprøving av reflektortyper som skal kunne tåle vinterpåkjenningen på norske landeveier. Det er foreløpig ikke publisert noen resultater fra arbeidet.

3.4.4 Vegkantreflektorer

Vegkantreflektorer består vanligvis av en eller to retroreflekterende enheter montert på en stolpe som er plassert i en viss avstand fra vegbanekanten. Elementene er vanligvis av "cube-corner"- eller kattøyetypen, men også tape med glassperle-emulsjon og endatil retroreflekterende maling brukes. De to siste variantene har imidlertid betydelig dårligere egenskaper enn de første. Kantstolper med gode retroreflekterende elementer har vist seg meget effektive som bidrag til visuell føring (Forsberg, 1978), men som andre retroreflektorer er de sterkt utsatt for nedsmussing og skader. Dermed reduseres effektiviteten betydelig. En svensk undersøkelse (Forsberg, 1978), som omfattet 13 ulike typer vegkantreflektorer viste

at en spesiell variant der refleksen er plassert i et horisontalt rør med åpningen mot trafikken hadde betydelig større motstand mot nedsmussing enn noen annen type. En senere norsk undersøkelse ved Vegdirektoratet (foreløpig upublisert) kunne imidlertid ikke bekrefte dette resultatet.

I Sverige pågår et større prosjekt hos Vägverket, der en undersøker effekten på ulykkesfrekvensen ved bruk av

- Reflekser på brøytetikker (snöstör).
- Kantstolper med refleks.

Publiserte resultater hittil (Statens Vägverk 1976 og 1979-02) tyder på at en oppnår en statistisk signifikant ulykkesreduksjon ved bruk av begge disse hjelpemidlene. Et interessant resultat er at kantstolper synes å ha bedre effekt om sommeren enn om vinteren. Prosjektet er utvidet og fortsetter.

En rekke land har forskrifter for utforming og oppsetting av vegkant-reflektorer (Forsberg, 1978).

Normene gjelder vanligvis:

- Plassering og høyde av stolper.
- Stolpeavstand ved rett veg og i kurver.
- Plassering, geometri og farge hos retroreflektorer.

Blant de skandinaviske land har Sverige forskrifter under utarbeidelse (Statens Vägverk, 1979-06). Disse inneholder krav til stolpekonstruksjon foruten punktene ovenfor. Dessuten stilles det krav til retrorefleksjonsevnen hos reflektoren i ny tilstand (se forøvrig pkt. 3.7.3). I Norge har Vegdirektoratet regler for utforming og oppsetting av kantstolper. Det stilles vanligvis ikke lystekniske krav til selve reflektorene. Forsøk er i gang, delvis i samarbeid med svenske vegmyndigheter, for å finne fram til stolpetyper som er mer motstandsdyktige mot nedsmussing av reflektorene og mot snøbrøyting

om vinteren enn nåværende typer. Det er ennå ikke publisert noen resultater fra disse undersøkelsene.

Danmark har en fast praksis for oppsetting av kantstolper på hovedveier, og det finnes krav om farge på reflektorene, men ellers ingen regler eller lystekniske krav.

3.4.5 Trafikkskilt

Av disse har retningsmarkeringer i kurver størst betydning for den visuelle føringen. Utformingen av slike markeringer kan variere fra rekker av enkeltstående skilt ("visekorporaler") til sammenhengende plater som strekker seg langs store deler av kurven. Utførelsen av markeringene er retroreflekterende folie (glassperleemulsjon).

Også vanlige trafikkskilt kan i en viss grad bidra til den visuelle føringen. Om en ser bort fra den symbolske informasjonen som er skiltets primære funksjon, vil en retroreflekterende skiltplate kunne være en iøyenfallende markering av vegkanten i temmelig stor avstand.

Imidlertid er avstanden mellom trafikkskilt uregelmessig, og det er ingen fast sammenheng mellom skiltfrekvens og vegens videre forløp. Bidraget til vegens lystekniske funksjon er dermed usystematisk, og kan vanskelig innarbeides i en modell.

Det finnes ingen internasjonale overenskomster om krav til retroreflekterende trafikkskiltmaterialer, tilsvarende f.eks. ECE-reglementet for kjøretøyreflekser. Både Sverige (Trafiksäkerhetsverket, 1980), Danmark (Vejdirektoratet, 1979) og Norge (Vegdirektoratet, 1975) har nasjonale krav til trafikkskilt, herunder lystekniske bestemmelser.

3.4.6 Reflekser på trafikanter og kjøretøyer

En vesentlig del av de trafikanter som ferdes på vegen er utstyrt med en eller annen form for refleksanordning. I de fleste land kreves det således at alle motorkjøretøyer, tilhengere og sykler skal være utstyrt med reflekser. Også for slike reflekser finnes ECE-normkrav (ECE-agreement, reg.nr. 3), som gjelder bl.a. holdbarhet, geometri, farge og retrorefleksjonsevne. Blant de skandinaviske land bruker Sverige reglene i ECE-konvensjonen stort sett fullt ut, mens både Norge og Danmark benytter forenklede regelverk. De lystekniske kravene er imidlertid stort sett identiske med ECE-normenes krav.

Fotgjengerreflekser er en spesiell kategori. I likhet med kjøretøyreflekser kan de ikke sies å gi noe systematisk bidrag til vegens lystekniske funksjon. Indirekte påvirkes likevel den lystekniske funksjonen av fotgjengerreflekser fordi disse gjør det mulig for en kjørende å oppdage gående på mye lenger avstand enn det ellers er mulig. Fotgjengerreflekser gjør det altså unødvendig å stille de krav til synlighet av fotgjengere som en kommer fram til ved vanlige synlighetsbetraktninger (se pkt. 4.2), forutsatt at alle som ferdes på vegen bruker reflekser. Det finnes ikke noe land som har påbud om bruk av fotgjengerreflekser. Norge (Samferdselsdepartementet 1978, Brekke 1980) og Sverige (Konsumentverket 1978) har imidlertid offentlige bestemmelser med funksjonskrav, bl.a. holdbarhet, geometri, farge og retrorefleksjonsevne, som gjelder "harde" reflekser (brikker). Det er foreløpig ikke stilt tilsvarende krav til påsydde, eventuelt påklebede reflekser på klær og skotøy, men både i Sverige og Norge arbeides det med forslag til slike bestemmelser. Danmark har ingen krav til fotgjengerreflekser.

3.4.7 Måling av retrorefleksjon

Fig. 3.4 viser skjematisk et laboratorieoppsett for måling av retrorefleksjon. Prøven monteres i verti-

kal posisjon på goniometerbordet, slik at den kan dreies om en vertikal akse som ligger i prøvens overflate og går gjennom dens geometriske midtpunkt. Lyskilden er type A (2856 K). Detektoren er et $V(\lambda)$ -korrigert fotometer kalibrert som lysstyrkemåler. Under en måling varieres lysets innfallsvinkel β på prøven kontinuerlig, og prøvens lysstyrke I_p registreres som funksjon av β . $I_p(\beta)$ tas opp for en eller flere verdier av observasjonsvinkelen α , som i en trafikk situasjon representerer vinkelavstanden mellom kjøretøyets lyskastere og førerens øyne, sett fra retroreflektoren.

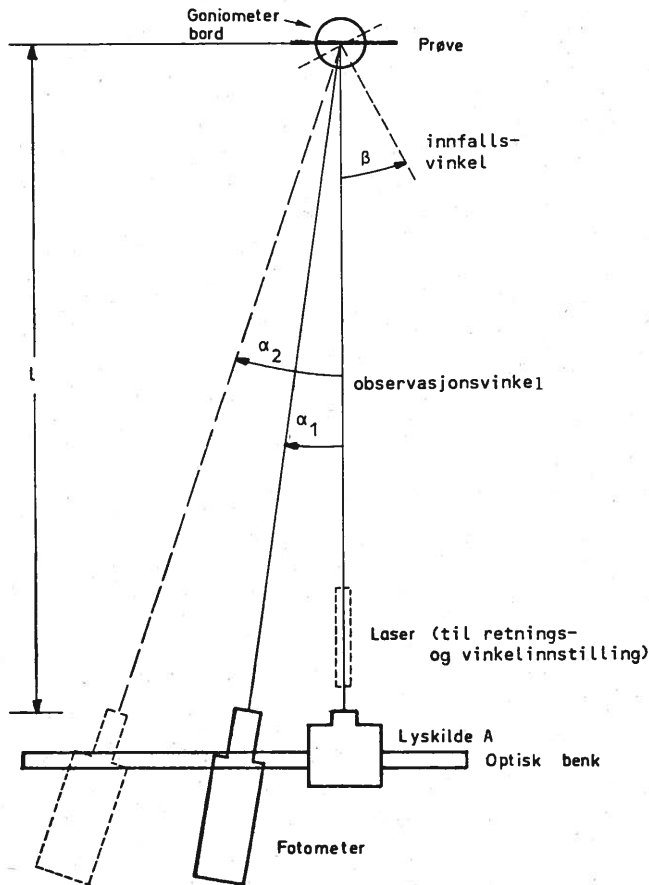
I noen tilfeller (bl.a. måling av vegskilt og kjøretøyreflekser) er det også aktuelt å variere innfallsvinkelen β i vertikalplanet. Prøveholderen bør derfor også ha en horisontal rotasjonsakse med vinkelinnstilling.

For å kunne realisere tilstrekkelig små observasjonsvinkler ($\sim 20'$), må måleavstanden l ikke være for liten. Eksisterende normer forutsetter vanligvis $l \approx 10$ m, og større avstander øker målenøyaktigheten ytterligere. Målenøyaktigheten er også avhengig av lyskildens og detektorens aperturdiametre i forhold til måleavstanden (Moerman, 1977).

Det er nylig fremmet et forslag fra CIE TC-2.3 om betegnelser for retrorefleksjon. Det anbefales at retrorefleksjon uttrykkes enten ved "lysstyrkekoefisienten" (Coefficient d'Intensité Lumineuse) forkortet CIL, som har symbol R og benevnning candela/lux, eventuelt ved "retrorefleksjonskoeffisienten" (Coefficient de Retroreflexion) som har symbol R' og benevnning candela/(lux·m²). Det siste er aktuelt ved måling på retroreflekterende flater, såsom trafikkskilt, mens CIL er hensiktsmessig for reflekser med lite areal (fotgjengerreflekser, kjøretøyreflekser, kantstolpereflekser og vegbanereflekser).

Retrorefleksjonsmålinger forutsetter altså både måling av prøvens lysstyrke (evt. luminans) og måling av belysningsstyrken på prøvens overflate. Den siste målingen bortfaller dersom en kan kalibrere fotometeret mot en kjent retrorefleksjons - normal. Det tilsvarer at fotometeret kalibreres direkte i cd/lux , evt. $\text{cd}/(\text{lux}\cdot\text{m}^2)$.

CIE har en anbefaling for måling av retrorefleksjon (CIE, rapport nr. 7, 1960). Det ventes dessuten i nærmeste framtid en CIE-anbefaling angående geometri for retrorefleksjonsmålinger.



Figur 3.4 Måling av retrorefleksjon.
Measurement of retroreflection.

3.4.8 Normer for refleksanordninger

Tabell 3.1 viser en oversikt over de normene som finnes i Skandinavia for lystekniske krav til retroreflektorer i vegtrafikken. Kryss i tabellen betyr at normer finnes.

Tabell 3.1 Oversikt over Existing regulations eksisterende nor- regarding reflexes mer for reflekser used in road brukt i vegtra- traffic in fikken i Skandi- Scandinavia navia

Refleks- type	Trafikk- skilt	Kantstolpe- reflekser	Vegbane- reflekser	Kjøretøy- reflekser	Fotgjen- gerre- flekser
Land Country	Type of reflec- tive traffic signs	Roadside delinea- tion reflexes	Lane de- lineation reflexes	Reflexes on ve- hicles	Pedestrian reflexes
Danmark	x			x	
Norge	x			x	x
Sverige	x	x		x	x

3.4.9 Behov for undersøkelser

Selv om bruken av retroreflekterende materialer i vegtrafikken stadig øker, er våre kunnskaper om ulike typer reflekser og deres egenskaper fremdeles mangelfulle på mange områder. Det gjelder både lystekniske forhold og slitasje/vedlikeholds-problemer. Noen av de områdene som bør vies oppmerksomhet er følgende:

a) Vegbanereflektorer.

Problemene med nedsmussing er ikke løste. Heller ikke de mekaniske problemene, spesielt ved lave temperaturer, og reflektorenes evne til å tåle vintervedlikeholdet (brøyting, skraping). I den forbindelse bør også nedfelte reflekser vurderes.

Det må undersøkes nærmere hvilken lysfordeling som bør kreves av en vegbanereflektor, dersom effekten av den skal være optimal.

Det må utvikles lystekniske prøveprosedyrer som er relevante for vegbanereflektorer, og som kan standardiseres. Dette gjelder både laboratoriemålinger og målinger på veggen.

b) Kantstolpereflekser.

Problemene med nedsmussing er ikke løst.

Det synes ikke å være vurdert nærmere hvilke reflektstyper som bør brukes på kantstolper (f.eks. glassperlereflektor kontra prismereflektor), og hvilken lysfordeling en slik refleks bør ha i forhold til sin plassering ved veggen.

Det bør undersøkes hvilken størrelse og hvilken retrorefleksjonskoeffisient som bør kreves av en kantstolperefleks, og hvilken betydning en form- og/eller fargekode har for mulighetene til å skille mellom høyre og venstre vegkant.

Det må utvikles en lysteknisk prøveprosedyre som er relevant for kantstolperefleksenes lysfordeling og som kan standardiseres. Dette gjelder både laboratoriemålinger og målinger på veggen.

Det bør også undersøkes om det finnes en optimal plassering og fordeling av kantstolper (stolpefrekvens, avstand fra vegkant, fordeling i kurver o.s.v.)

c) Generelt om reflekser.

Det er grunn til å se nærmere på hva som eventuelt kan gjøres for å forbedre de lystekniske egenskapene hos reflekser under praktiske forhold på veggen. De fleste reflekser som brukes i dag kan sannsynligvis forbedres optisk og mekanisk, og det er rimelig å anta at de kravene som stilles fra store brukere vil i betydelig grad påvirke kvaliteten av de produktene som

kommer på markedet. Funksjonskravene må imidlertid alltid sees i sammenheng med produksjonsmuligheter, pris og brukskostnader.

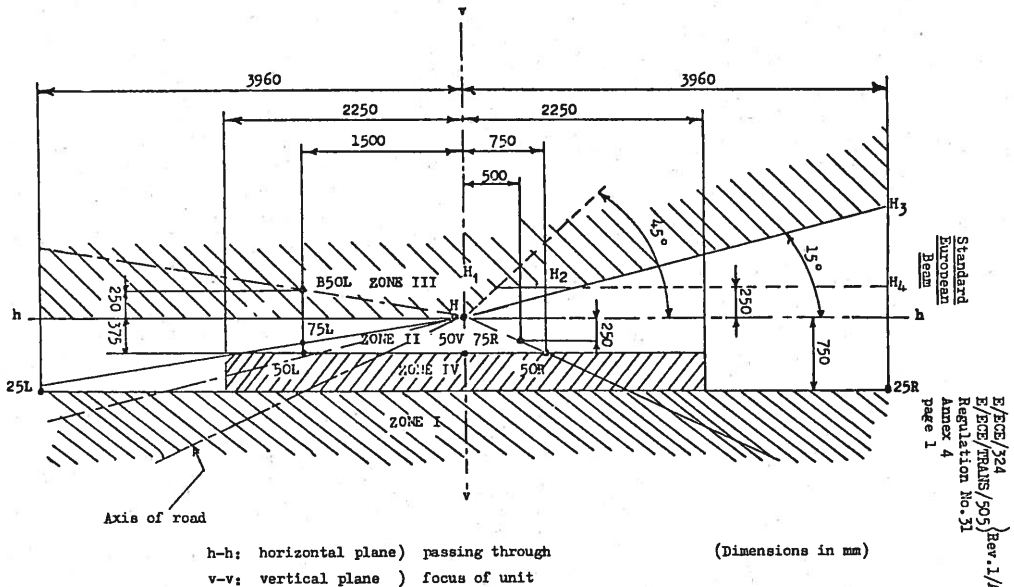
3.5 Billyskastere

Ved kjøring i mørke på ubelyst vei er bilens lyskastere avgjørende for de lystekniske og visuelle forholdene. Førerens muligheter til å oppdage personer eller gjenstander i kjørebanelen vil i stor grad avhenge av lysfordelingen og retningsjusteringen hos lyskastene. Lysfordelingen er bestemt hovedsakelig av tre faktorer: Reflektorens optiske kvalitet og geometriske form, lykteglassets sliping, samt lampens konstruksjon. Ingen av disse lar seg endre i en gitt reflektor/lampe-kombinasjon. Retningsjusteringen er derimot gjenstand for endring etter behov.

3.5.1 Krav til lysfordeling. Justering

Vegmyndighetene i de skandinaviske land tillater brukt slike lyskastertyper som tilfredsstillende ECE-normens krav (ECE Agreement, 1976). (I Sverige er dessuten amerikansk type "Sealed Beam" nærlyset godkjent). Disse kravene gjelder geometrisk utforming av reflektor og lampe, dessuten lystekniske krav til lampen samt til lysfordelingen på en vertikal skjerm i avstand av 25 m foran lyskastere. De mest omfattende kravene gjelder nærlyset. Her spesifiseres beliggenheten av lys/mørkegrensen og det angis maksimalverdier for belysningsstyrke på prøveskjermen over grensen, og minimumsverdier i bestemte soner under grensen. Dessuten angis maksimums- eventuelt minimumsverdier i bestemte, kritiske punkt i lysfordelingen. Figur 3.5 viser den mest vanlige ECE standardlysfordelingen for nærlyset. Lysfordelingen med skarp lys/mørkegrense og 15° asymmetri er valgt for å minimalisere blendingen av møtende trafikk samtidig som bilføreren oppnår et rimelig kjøreløp på sin side av vegen.

Annex 4
MEASURING SCREEN
A. Unit for right-hand traffic



Figur 3.5 Målefelt for kontroll i følge ECE-konvensjonen for nærlys. Måleavstand 25 m.
Measuring field for ECE-standard light distribution of dipped headlights. Measuring distance 25 m.

De kravene som stilles i ECE-normene er ganske omfattende og toleransene er relativt små. Det viser seg også at produsentene av lyskasterne har hatt problemer med å tilfredsstille kravene. En større undersøkelse av lyskasterne hos Statens Provningsanstalt i Sverige (Zaccherini, 1970) tyder på at bare en liten prosent (omkring 5) av de produserte lyskasterne oppfyller ECE-normens fotometriske krav.

I tillegg til de variasjonene som er "innebygget" i kombinasjonen glass/reflektor/lampe, kommer de ulikheter i retningsjustering som nødvendigvis må fore-

komme. Det gjelder sentrering og høyderegulering av lys/mørke-grensen og gjøres vanligvis i verksteder eller på bensinstasjoner som har utstyr for dette. En undersøkelse ved SI, Norge (Hisdal, 1975) viser at slike justeringer kan bli nokså vilkårlige dersom det ikke stilles strenge krav til kalibreringen av måleapparatene og planheten hos gulvet i målerommet. De må dessuten forutsettes en rimelig lastfordeling i bilen under justeringen.

3.5.2 Variasjoner i lysfordeling

Totalt sett må det forventes at de bilene som kjører på våre veger har betydelige variasjoner i lyskasternes lysfordeling, slik Zaccherinis undersøkelse (Zaccherini, 1970) tyder på. En nyere undersøkelse ved NTH (Eide-Olsen, 1980) bekrefter dette. Her har en undersøkt konsekvensene av lampeskift hos ulike fabrikater av en bestemt type lyskaster (H4, rund). Resultatene viser at lampeskift kan forårsake nærmere 200% endring av belysningsstyrken i ECE-kontrollpunktene, og lys/mørke-grensen kan forskyves inntil $0,6^{\circ}$ vertikalt og knekkpunktet kan forskyves inntil $1,6^{\circ}$ horisontalt. Det viser seg også at ulikheter i reflektorene gir inntil 230% endring i belysningsstyrken i ECE-kontrollpunktene. Selv om ganske få lyskastere er undersøkt, indikerer resultatene også at variasjonene innenfor ett og samme fabrikat er mindre enn forskjellene mellom ulike fabrikater.

I tillegg til produksjonsspredning og justeringsfeil kommer i praksis en rekke andre effekter inn som bidrar til å øke forskjellene i kjøretøyers belysning av vegen. Av slike nevnes:

- a. Aldring av reflektoren nedsetter refleksjonsevnen. Dette skyldes i første rekke korrosjon, men utette lyskastere kan også få smussbelegg på reflektoren.

- b. Aldring av lampen forårsaker nedgang i lysfluksen.
- c. Lyskastere med konvensjonelle glødelamper gir lavere lysnivå enn lyskastere med halogenlamper, og dessuten hurtigere nedgang i lysfluksen ved aldring.
- d. Urene lyskasterglass gir lavere lysnivå enn rene, dessuten forårsaker smussen spredning av lyset. Også skader i glasset etter stensprang o.l. bidrar til øket spredning.
- e. Det må også antas at ulike mønstre i glasset, samt eventuelt beskyttelsesgitter foran glasset kan gi merkbare spredningseffekter.
- f. Ulike monteringshøyder på de forskjellige typene kjøretøyer forårsaker forskjeller i belysning av veggen.
- g. Ulike typer kjøretøyer har også forskjellig lyskasteravstand. Motorsykler har dessuten bare én lyskaster.
- h. Feilaktig montering av lampen er i visse tilfeller mulig og gir da alvorlige feil i lysfordelingen.
- i. Vibrasjoner i karosseriet kan sannsynligvis bringe lyskasterne ut av riktig justering.
- j. For høyt spenningsfall i tilslutningsledninger, kontakter o.l. forårsaker nedgang i lysnivået. Ca 70% av bilene har redusert lampespenning. (Eide-Olsen, 1980).
- k. Det forekommer systematiske ulikheter i lysfordelingen hos lyskasterne fra de forskjellige produsentene.

3.5.3 Standard lysfordeling

Med tanke på eventuelle systematiske undersøkelser av f.eks. siktstrekning, synlighet av forhindringer og refleksanordninger, ville det være ønskelig å kunne operere med en standard lysfordeling. De problemene som er referert foran viser at det kan by på betydelige problemer å reprodusere en gitt lysfordeling i flere lyskastere. Foreløpige eksperimenter bekrefter også dette (Eide-Olsen, 1980). Muligheten bør likevel undersøkes nærmere, fordi en slik standard lysfordeling med akseptabel nøyaktighet ville gjøre det betydelig lettere å sammenligne måleresultater fra ulike undersøkelser og ved ulike laboratorier.

En standard lysfordeling kan være basert på at en i et plan (f.eks. ECE-måleplanet) velger ut et antall målepunkter der den relative lysstyrken angis med tillatt avvik. Målepunktene i ECE-normene kan muligens brukes, men med tanke på EDB-modeller, må også et nett av målepunkter defineres. Ett bestemt, kritisk målepunkt velges dessuten for lysstyrkekalibrering.

3.6 Bilruder

3.6.1 Alment

Den synsforringelse, som hidrører fra lysets transmission gennem bilruden, skyldes primært 3 forhold:

- a. Transmissionstabet medfører en sænkning af det i forvejen lave adaptationsniveau ved mørkekørsel, hvilket giver en virkning svarende til, at øjets kontrastfølsomhed reduceres.
- b. Spredt lys udvisker konturerne og giver en virkning svarende til reduceret synsskarphed.
- c. Difrakteret lys fra en enkelt lyskilde giver slør på nethinden (blanding), og denne blanding giver en virkning svarende til reduceret kontrast i synsfeltet.

Betydningen af hvert af disse forhold afhænger bl.

- a. af glassets art, tilstand og hældning, vejrforholdene og luminansfordelingen i synsfeltet.

3.6.2 Eksisterende viden

3.6.2.1 Rene, tørre ruder

Transmissionstabet i ruden skyldes dels absorption, dels refleksion. Absorption i glasset udgør ved de fleste bilruder ca. 10 % af det indfaldende lys, afhængig af glassets tykkelse og lysets indfaldsvinkel.

Den nedsættelse af adaptationsniveauet, som stammer herfra, vil derfor være ubetydelig. Kun, hvis bilen har kraftigt tonede (mørke) ruder, vil effekten være mærkbar.

Feltforsøg (Roper 1953) og EDB-modeller (Bernstein 1978) med tonede ruder (absorption 25 %) giver en

gennemsnitlig reduceret opdagelsesafstand for fodgængere på ca. 6 %.

Refleksionen af den udefra kommende lysstrøm er afhængig af lysets indfaldsvinkel og dermed rudens hældning. Hvis synsretningen er vandret, er indfaldsvinklen identisk med rudens hældning målt fra lodret. De fleste personbiler har forrudehældning i intervallet fra 35° til 60° , sportsprægede biler lidt større og lastbiler mindre.

Fresnels formel for ikke-polariseret lys giver i det nævnte interval, at refleksionsfaktoren varierer fra ca. 5 % til ca. 10 % forudsat, at glasets brydningsindex er 1.52. Således vil der gennem normale ruder med stor hældning restere en transmittans på ca. 80 %.

3.6.2.2 Rene, våde ruder

Vand på ruden kan tænkes at influere på synsbetingelserne såvel ved spredning af lyset som ved reduktion af den transmitterede lysstrøm. Ved en forsøgsserie i Texas (Morris 1977) har man søgt at klarlægge disse forhold.

Målingerne blev foretaget udendørs i naturlig såvel som kunstig regn og med udsyn gennem forrude eller siderude på en bil. Som objekter blev benyttet Landolts ringe, skilte med bynavne, en menneskelignende figur klædt i mørkegrå regnfrakke og forende, henholdsvis bagende af en lysebrun bil.

Der er således registreret synsskarphed, læsbarhed og opdagelsessandsynlighed. Luminans og refleksionsegenskaber for de pågældende objekter er ikke angivet nærmere.

Resultaterne viste, at den væsentligste synssnedsettelse i regnvejrs skyldes vand på ruden, medens

vanddråber i luften kun har ringe betydning. Op-
løsningsevnen, udtrykt som synsvinkel målt i bue-
minutter angives til:

$$VA = b \cdot e^{cr}$$

hvor r angiver regnintensiteten, og b og c er kon-
stanter.

Stigende viskerhastighed gav forbedret udsyn, især ved kraftig regn. Viskerhastigheder større end 45 slag pr. minut gav ingen signifikant forbedring.

Vanddråber med diameter mindre end 0,5 mm giver alvorlig kontrastreduktion især ved lave belysningsniveauer, og lyset fra modkørende bilers lygter spredes i dråberne, som lyser op og blander føreren. Meget store dråber vil kunne virke som linser og give direkte billedforvrængning. Herved bliver såvel regnintensiteten som fordelingen af regndråbernes størrelse vigtige faktorer for synsforringelsen.

For at undgå forstyrrende indflydelse fra vinden, er der kun målt ved vindhastigheder mindre end 8 km/t, og bilen med observatøren har holdt stille.

Det betyder, at fartvindens virkning på dråber og vandfilm ikke er medtaget. Størrelsen af denne virkning er ikke kendt, men den er formodentlig afhængig af den relative vindhastighed, bilens aerodynamiske form, vanddråbernes størrelse og regnintensiteten.

I øvrigt kan resultaterne ikke ukritisk overføres til skandinaviske forhold, f.eks. er den anvendte bil af amerikansk type med mørkt tonede ruder og stor forrudehældning.

3.6.2.3 Tilsmudsede ruder

Lysets spredning i tilsmudsede ruder er tidligere målt på Lysteknisk Laboratorium (Frederiksen 1968). Laboratorieopstillingen bestod af en glasplade med en hældning på 30° med lodret og forsynet med vinduesvisker.

En plet blev belyst under varierende indfaldsvinkel, og plettens luminans blev målt for vandret synsretning. For tørre ruder kunne opstilles følgende sammenhæng:

$$L = C_1 \cdot \frac{E}{\theta^2}$$

hvor E er belysningsstyrken på ruden, og konstanten C_1 afhænger af tilsmudsningsgraden. θ er vinklen mellem indfaldende lysretning og synsretning.

Den af vinduesviskeren dannede vandhinde giver stærkere vinkelafhængighed:

$$L = C_2 \cdot \frac{E}{\theta^3}$$

hvor C_2 afhænger af graden af tilfædtning. Der blev ikke gjort forsøg på at bestemme konstanterne C_1 og C_2 .

De bemærkes, at de angivne formeludtryk har samme form som Holladays formel for "den ækvivalente sløringsluminans":

$$L_{s,\text{æq}} = k \cdot \frac{E}{\theta^2}$$

Kendskabet til disse lystekniske forhold er vigtig for forståelsen af hvilken synsnedsettende virkning, det spredte lys har.

En tysk undersøgelse (Stadler 1964) benytter ligeledes en laboratorieopstilling. Her registreres

nødvendig luminansdifferens ΔL for opdagelse af objekter under synsvinkel $0,3^\circ$.

Der benyttes 4 glasplader med belægning af kunstig smuds (maling) påført med sprøjtepistol. På en af pladerne er der sprøjtet med klar lak, som skal illudere vanddråber på ruden.

Til beskrivelse af graden af tilsmudsning defineres en "spredt transmittans", som er forholdet mellem det af snavset spredte lys og den indfaldende totale lysstrøm. Ved situationer uden blanding har dette forhold en god korrelation med ΔL uanset snavsets art, men når blanding indtræder, spiller snavsets art en større rolle, og specielt vanddråber bliver dominerende.

Denne spredte transmittans kan muligvis, sammen med forrudens hældning og en tredje parameter til beskrivelse af snavsets art, entydigt bestemme konstanterne C_1 og C_2 i de førnævnte formler. For at finde en sådan sammenhæng er det nødvendigt at foretage yderligere laboratorieforsøg, formentlig suppleret med en teoretisk overvejelse angående vanddråbers, vandfilms og snavspartiklers brydningsforhold.

I USA (Tracor Jitco 1973) har man udviklet en realistisk "smudsfilm" til brug for bedømmelse af effektiviteten af vinduesviskere og -vaskere. Så vidt vides er smudsfilmens lysspredende virkning ikke målt.

3.6.2.4 Snavs og dug på rudens inderside

I de citerede undersøgelser har man især interesseret sig for betydningen af vand og snavs på rudens yderside. Under målingerne har indersiden været tør og ren.

Det kunne imidlertid tænkes, at tilsmudsningen på indersiden er forskellig fra den på ydersiden. På indersiden findes bl.a. sodpartikler stammende fra tobaksrygning og en hinde af fedtstoffer afsat ved berøring af ruden. Såvel partikler som fedtlag kan tænkes at fremme dugdannelsen. Dug består af meget små vanddråber, der, som tidligere nævnt, giver en væsentlig synsnedsættelse. De fleste nyere biler har defrosteranlæg, som effektivt kan fjerne dug fra forrudens inderside, men på de øvrige ruder kan det stadig være et problem.

3.6.2.5 Sne og is

Loven påbyder, at føreren skal holde ruderne renset for is og sne. Alligevel kører mange bilister med utilstrækkeligt rensede ruder. Sne og is på ruderne giver en væsentlig synsforringelse, der stammer fra en stor spredning af lysstrålerne, og er formodentlig medvirkende årsag til en del ulykker i vinterhalvåret.

Spredningen af lyset gennem is og sne er af kompliceret natur, og en teoretisk angrebsvinkel vil ikke være hensigtsmæssig.

3.6.2.6 Defekter i ruden

Ved fremstilling af ruden kan der forekomme mindre defekter i form af inhomogeniteter, fortykkelser o.l.

Det tilstræbes ved hjælp af lovgivning at begrænse sådanne defekter mest muligt, og f.eks. det tyske normforslag (DIN 52335, 1978) indeholder en metode til at måle forvrængningen såvel som et forslag til den største tilladte forvrængningsfejl.

Under køretøjets brug opstår der imidlertid ridser og gruber i glasset på grund af stenslag, snavsede vinduesviskere m.v.

Sådanne fejl i glasset kan give diffraktion af lyset, hvor vinkelspredningen er omvendt proportional med uregelmæssighedens udstrækning. F.eks. vil en vertikal ridse i glasset give stor horisontal spredning af lyset.

Derfor kommer disse fejl til at fungere som sekundære lysgivere med stor risiko for synsnedsættende blanding f.eks. ved møde med modkørende bil på mørk vej. Ifølge lovgivningen skal forruden skiftes, når der er ridser i synsfeltet, men oftest (i Danmark) kommer bilen ikke til syn, før den skal sælges. Derfor må det formodes, at mange biler kører rundt med ridset forrude.

Variationen i bilruders transmissionsforhold er ikke kendt. En registrering af denne variation kunne derfor være værdifuld for prioritering af det videre arbejde. Måleudstyret hertil kunne evt. være en modificeret udgave af det, som er beskrevet i det tyske normforslag.

Et forsøg på løsning af problemet med ridser i ruden kunne være regelmæssigt syn af bilerne (som f.eks. i Sverige). En anden mulighed er, at angribe årsagen til ridser i ruden. Antallet af sten-slag kunne muligvis mindskes ved en bedre vedligeholdelse af vejbelægningen, og ridser, der stammer fra vinduesviskerne, kunne måske hindres ved en systematisk rensning af gummiets på vinduesviskerne f.eks. ved metoden, som er beskrevet i report No. A901/75 fra Technical Research Centre of Finland.

Denne rensning af viskergummiets angives i øvrigt at give en forbedret rensning af forruden, men nærmere undersøgelser er påkrævet.

3.6.2.7 Andre trafikanter

De nævnte forhold gælder alle for bilruder, men også de øvrige trafikanter har problemer med regnvej i mørke.

Mange førere af motorcykler og knallerter bærer hjelm med visir, og der er endnu ikke konstrueret egnede indretninger til at fjerne vanddråber fra visiret, men visirets korte afstand fra øjet og visirets aerodynamiske form gør, at udsynet formentlig er bedre end gennem en urensset bilrude.

For trafikanter uden visir eller briller kan det være nødvendigt at knibe øjnene sammen eller evt. dreje ansigtet bort fra regnen. Derfor er deres synsproblemer formodentlig lige så store som de øvrige.

De 2-hjulede trafikanter har generelt en høj ulykkesfrekvens (RfT rapport 23, National Safety Council 1970), og på den baggrund bør deres udsyn gøres til genstand for en nærmere undersøgelse.

3.6.3 Sammenfatning

Vor viden om transmissionsforholdene i våde og snavsede ruder er utilstrækkelig til en vurdering af den faktiske synsnedsættende virkning.

Denne virkning burde i princippet måles på et stort antal bilruder under forskellige vind- og nedbørsforhold ved forskellige hastigheder.

Da dette ikke er muligt i praksis, må man i stedet foretage forsøg under kontrollerede forhold i laboratoriet, kombineret med teoretiske overvejelser. Disse må bekræftes ved målinger på bilruder under praktiske vejrforhold.

Af faktorer, som især mangler afklaring, kan næv-

nes betydningen af trafikfilm og fedtlag på ruderne, dynamiske forhold p.g.a. fartvinden, og endelig regnintensiteten og dråbestørrelsens betydning set på baggrund af dens fordeling i aktuelle regnbyger.

3.7 Vägens linjeföring

3.7.1 Bestämning av vägens geometriska utformning vid projektering

3.7.1.1 Bakgrund

Vid projektering av ny väg utgår man bl a från den hastighet, som vägen skall dimensioneras för. Utifrån denna hastighet ställer man sedan vissa funktionella krav avseende trafikantens förmåga att manövrera fordonet. Dessa manövrer gäller i första hand att stanna. Ett fordon, som färdas i den dimensionerande hastigheten, skall efter det att föraren upptäckt ett hinder på vägbanan kunna stannas innan kollision inträffar med hindret. Den för denna situation erforderliga stoppsträckan utgör den för vägen dimensionerande stoppsikten. I analogi med stoppsikten har man fastställt en dimensionerande mötessikt, vilken innebär, att förarna i två mötande fordon efter upptäckt av den mötande skall kunna stanna innan de kolliderar. Förutom kraven på stoppsikt och mötessikt har man vid dimensionering av horisontalkurvor fastställt maxgränser för sidoaccelerationen vid vertikalkurvor för vertikalaccelerationen.

3.7.1.2 Färdtekniska grundvärden

För att bl a kunna beräkna stoppsikten och mötessikten krävs att dimensionerade värden fastställs för de olika egenskaper hos förare, fordon, vägbanor och hinder, som erfordras för beräkningarna. Dessa dimensionerade värden har fått benämningen färdtekniska grundvärden. Nordiska Vägtekniska Förbundet (NVF) har i rapport (NVF 5:1976) rekommenderat ett antal färdtekniska grundvärden att användas vid normarbete inom de nordiska länderna. Målsättningen vid valet av de olika grundvärdena har varit att försöka välja värdet för 85:te percentilen inom varje parameter. Detta skulle då innebära att 85% av förarna, fordonen, vägbanorna och hindren är vad

gäller relevanta egenskaper lika bra eller bättre än det motsvarande färdtekniska grundvärdet.

Några av de färdtekniska grundvärden NVF rekommenderat framgår av nedanstående sammanställning:

	Finland; Norge; Sverige	Danmark
Fordonshöjd	1,35 m	1,25 m
Förarens ögonhöjd	1,10 m	1,00 m
Hinderhöjd	0,20 m	0,20 m
Synbarhetsvinkel	1' (bågminut)	1'
Förarens bromsreaktionstid	2,0 s	2,0 s

Synbarhetsvinkeln utgör den minsta synvinkeln under vilken ett objekt (t ex hinder, fordon) kan upptäckas. Synbarhetsvinkeln 1' är dock endast realistisk under goda upptäckts- och siktförhållanden dvs vid dagsljus och hög kontrast mellan hinder och bakgrund förutsatt att förarna har god synskärpa (dvs synskärpa $>1,0$). I detta fall har synbarhetsförhållandena vid mörkertrafik ej beaktats. Ej heller har hänsyn tagits till, att endast 50% av förarpopulationen kan förväntas ha en synskärpa i dagsljus som är $>1,0$. Man har i detta fall i stället för 85:te percentilen använt sig av det förväntade värdet för den 50:e percentilen.

Förarens bromsreaktionstid utgör den tid som förflyter från det ögonblick föraren ser eller skulle kunna se hindret, dvs då hindrets synvinkel är 1', till dess fordonet börjar retardera genom bromsning.

Förutom ovan presenterade färdtekniska grundvärden har NVF för olika hastigheter rekommenderat "resulterande friktionstal" som definieras som följer. "Resulterande friktionstal är ett viktat medelvärde av total utnyttjbar

friktion under bromsning från dimensionerande hastighet till stopp".

Utifrån de rekommenderade färdtekniska grundvärdena är erforderliga stopp- och mötessiktsträckor vid olika dimensionerande hastigheter beräknade enligt följande tabell.

Tabell 3.2 Krav på stoppsikt och mötessikt vid olika dimensionerande hastigheter.

Demands on visibility distances for stopping and for meeting another vehicle when traveling in different designed speeds.

Dimensionerande hastighet (km/h)	Stoppssträcka= Stopsikt (m)	(Stoppssträcka) x 2= Mötessikt (m)
50	55	110
70	90	180
90	140	280
110	205	410

Stoppsikt råder då siktsträckan (från den dimensionerande ögonhöjden) till (det dimensionerande) hindret (, som ses under 1',) är lika stor som stoppssträckan.

Mötessikt råder då siktsträckan (från den dimensionerande ögonhöjden) till ett mötande fordon (med den dimensionerande fordonshöjden, och som ses under en synvinkel av 1') är lika stor som dubbla stoppssträckan.

3.7.1.3 Svenska förhållanden

Statens vägverk har i en anvisning (daterad 1977-11) under rubrik "Färdtekniska grundvärden", i allt väsentligt antagit NVF:s förslag. Vägverket har dock fastställt något förbättrande bromsfriktionsvärden jämfört med förslaget. Dessutom har man kompletterat med ett grundvärde för strålkastarhöjd (0,60 m), vilket är en förutsättning för att kunna beräkna mötessikt vid trafik i mörker på väg utan vägbelysning.

Vägverkets gällande anvisning "Dimensionerande sikt" är utgiven 1975, dvs före NVF:s rapport. Mot denna bakgrund har vägverket definierat begreppen stoppsikt och mötessikt litet annorlunda. Man har här utgått från en ögonhöjd av 1,20 m (NVF, 1,10 m) och räknat stoppsikten till en punkt på själva vägbanan. (NVF, ett hinder 0,20 m högt som ses under 1'.) Mötessikten har räknats som längden hos en rät linje från ögonhöjden 1,20 m (NVF, 1,10 m) till höjden av ett mötande fordon 1,40 m. (NVF, ett fordon 1,35 m högt som ses under 1'.)

Eftersom vägverkets och NVF:s stoppsikt är beräknade på litet olika sätt är dessa mått ej direkt jämförbara. NVF:s definition av mötessikt utgör däremot ett strängare krav. Statens vägverk utarbetar för närvarande en ny anvisning angående dimensionerande sikt längs vägen. Förutsatt att de färdtekniska grundvärdena ej förändras i den kommande anvisningen, torde de nya kraven vad gäller stoppsikt ganska väl överensstämma med NVF:s förslag.

3.7.1.4 Sammanfattning

Vägens geometriska utformning bestäms huvudsakligen utifrån krav på stopp- och mötessikt vid olika dimensionerande hastigheter vid dagsljus. En stark försämring av mötessikten torde ske då den dimensionerande fordonshöjden minskar från 1,35 m i dagsljus till strålkastarhöjden (t ex 0,60 m) under mörker. För en korrekt beräkning av stoppsikten under mörker fordras å andra sidan att hindrets synbarhetsvinkel ges ett värde, som är realistiskt med hänsyn till ljusförhållandena. Vägens dimensionerande hastighet motsvaras därför av en avsevärt lägre hastighet under mörker under förutsättning av oförändrade siktkrav. Detta skulle kunna utgöra ett (av flera) skäl för sänkta fartgränser under mörker.

3.7.2 Utmärkning av begränsad sikt med hjälp av vägmarkering

3.7.2.1 Utformning av varnings- och spärrlinjer

Man har sedan lång tid tillbaka försett vägens mitt med vägmarkering förutsatt att vägen har en viss minsta bredd (i Sverige 5,5 m). Mittmarkeringens utformning har varierats dels med avseende på den fria sikten längs vägen och dels också med avseende på vägens bredd. När frisiktsträcken överstiger den uppställda siktnormen utföres i Sverige markeringen i vägens mitt av den s k "mittlinjen" bestående av 3 m långa linjer med 9 m lucka.

I de fall där siktnormen inte är uppfylld utföres markeringen på två olika sätt i Sverige beroende på vägbredd. I de fall vägbredden är minst 7 m kompletteras mittlinjen med en heldragen spärrlinje som läggs vid sidan av mittlinjen på det körfält från vilket sikten är skyddad. Eftersom spärrlinjen (enl europeisk konvention och svensk lag) ej får överstridas av något hjulpar kan spärrlinjen inte användas på vägar med vägbredder mindre än 7 m, då detta bl a skulle försvåra ett korrekt framförande av långa fordon samt omkörning av cyklister m m. Både spärrlinjen och mittlinjen ersätts då med en varningslinje, som består av 9 m långa linjer med 3 m lucka.

En allvarlig nackdel med detta utförande av varningslinjen är att det ej framgår av markeringen i vilken färdriktning sikten är skyddad. I Norge har man löst detta problem på vägar med fartgräns över 60 km/h genom att använda varningslinjen (varsellinjen) i kombination med mittlinjen (kørefeltlinjen) i de fall varningslinjen endast gäller den ena körriktningen.

I Norge används varningslinjen dessutom som förvarning för spärrlinje. Konsekvensen av detta torde vara att ej heller den norska varningslinjens informationsinnehåll är entydigt.

Den danska motsvarigheten till mittlinjen benämnes "vognbanelinie" och utgörs av korta linjer med dubbelt så lång lucka (dvs i förhållandet 1:2). Den danska "varslingslinien" utförs i det omvända förhållandet dvs 2:1. Den absoluta längden av linje och lucka specificeras ej utan kan göras avhänging av trafikens hastighet. "Varslingslinien" används på vägar vars bredd är mindre än 5,60 m då det "på vejen er længere strækninger, hvor der ikke er tilstrækkelig oversigt".

Heldragen "spærrelinie" användes vid begränsad sikt och vid omkörningsförbud på huvudvägnätet i övrigt. "Varslingslinie" kan användas som förvarning för "spærrelinie" men reglerna för detta framgår ej. (Vejdirektoratet 1979)

3.7.2.2 Kriterier för användning av varnings- och spärrlinjemarkering

Förutom stopp- och mötessikt har NVF i rapport 5:1976 "Färdtekniska grundvärden" också beräknat erforderlig sikt vid omkörning. Man har använt begreppen "reducerad omkörningssikt" och "fullgod omkörningssikt". Reducerad omkörningssikt utgör den frisikt som erfordras för att på ett säkert sätt fullfölja eller avbryta en redan påbörjad omkörning. Med fullgod omkörningssikt menas den frisiktsträcka som erfordras från det man påbörjar omkörningen till dess den är avslutad.

NVF:s krav på sikt för olika manövrer utförda vid olika dimensionerande hastigheter framgår av tabell 3.3 nedan. Dessa värden är avsedda att utgöra bakgrund till de nationellt bestämda maximala frisiktsträckorna för utförande av varnings- och spärrlinjer. Dessa frisiktsträckor är redovisade i tabell 3.4.

Tabell 3.3

Frisiktsträcka för fyra manövrer vid olika dimensionerande hastigheter enl NVF

Demands on visibility distances for four manoeuvres at different design speeds

Dim hast (km/h)	Frisiktsträcka (m)			
	Stopsikt (m)	Mötessikt (m)	Reducerad omkörnings-sikt (m)	Fullgod omkörnings-sikt (m)
70	90	180	270	510
80	115	230	330	630
90	140	280	345	685
100	170	340	400	725
110	205	410	465	855
120	245	495	530	1.015

Tabell 3.4

Största frisiktsträcka för utförande av varnings- och spärrlinjemarkering vid olika hastighet i Danmark, Norge och Sverige

The largest visibility distance allowed for using warning and no overtaking road markings in Denmark, Norway and Sweden

Fartgräns el verklig hastighet km/h	Frisiktsträcka för varnings- och spärrlinjemarkering (m)		
	Danmark	Norge	Sverige
70	190	170-255	160
80	240	220-330	-
90	290	280-420	195
100	-	-	-
110	-	-	240

Frisiktsträckorna vid, vilka varnings- och spärrlinjemarkering skall utföras, (tabell 3.4) har alla beräknats som mötessikt, vilket överensstämmer med NVF:s rekommendationer. Däremot avviker de färdtekniska grundvärden, som använts vid dessa beräkningar, i större eller mindre utsträckning från de av NVF rekommenderade. Av denna anledning skall jämförelser dels mellan de olika nationella kraven och dels med NVF:s rekommenderade göras med viss försiktighet.

För Norge har två värden angivits i tabell 3.4. Minimivärdet anger varsel- eller spärrlinjens längd, när den förekommer ensam. Maximivärdet utgör den maximala sammanlagda längden i de fall spärrlinjen förvarnas av en varsellinje.

Av tabellen (3.4) framgår att de norska och danska frisiktsträckorna ganska väl uppfyller NVF:s krav på mötessikt. I de fall spärrlinje och varningslinje användes tillsammans kan frisiktlängden i Norge utökas så att den ganska väl överensstämmer med NVF:s krav på reducerad omkörningssikt.

De svenska kraven på fri sikt för utförande av spärr- och varningslinjer understiger däremot NVF:s norm för mötessikt avsvårt, speciellt gäller detta vid högre farter dvs vid högsta tillåtna hastighet 90 och 110 km/h. Ett nytt förslag, som skall ersätta de gamla svenska föreskrifterna från 1967, väntas inom kort, varför beskrivningen ovan av svensk praxis inom området snabbt kan bli inaktuell.

3.7.2.3 Sammanfattning och kommentarer

I alla tre länderna ges information om den fria sikten längs vägen via markeringar i vägens mitt. Spärrlinjer och varningslinjer skall bli en varna trafikanten för skydd sikt medan den vanliga mittlinjen istället används vid fri sikt.

Likheterna mellan länderna vad gäller de olika linjernas mönsterutformning är stora medan detaljutförandet i hög utsträckning varierar. Detta gäller också kraven på frisiktsträcka mellan Danmark och Norge å ena sidan och Sverige å den andra.

Danmark och Norge följer ganska väl NVF:s norm för mötessikt som kriterium för utförande av varnings- och spärrlinjer. Men man tycks av någon anledning inte acceptera NVF:s färdtekniska grundvärden utan har skapat egna beräkningsmetoder. Motsvarande svenska siktkrav för användning av varnings- och spärrlinjer är vid en jämförelse lågt ställda och avviker i hög utsträckning från de danska och norska kraven.

Det viktigaste funktionella kravet på spärr- och varningslinjer torde vara att varna trafikanten på tillräckligt långa avstånd så att han ges rimliga möjligheter att anpassa framförandet av fordonet efter den tillgängliga sikten till mötande trafik.

Vägmarkeringar syns vanligtvis på långt avstånd under dagsljus medan de under mörker och regn upptäcks endast några meter framför fordonet. Motsvarande skillnader mellan dagsljus och mörker föreligger både vad gäller synbarheten hos vägen och dess omgivning.

Detta innebär att både den symboliska och den naturliga informationen från trafikmiljön överförs mycket tidigare till trafikanten under dagsljus än under mörker.

I enlighet härmed borde mörkertrafiksituationen vara dimensionerande med avseende på överföring av frisiktsinformation via spärr- och varningslinjer.

Under förutsättning att spärr- och varningslinjer ofta upptäcks på mycket korta avstånd under mörker vore det logiskt av trafikanten att kräva "reducerad omkörningssikt" enl NVF som kriterium på fri sikt vid utförandet av vägmarkeringar. Det kan hävdas att först när trafikanten ges möjlighet att avsluta eller avbryta en påbörjad omkörning under mörker på betryggande sätt med hjälp av information från spärr- och varningslinjer skulle det funktionsella kravet på dessa kunna anses vara uppfyllt.

I detta sammanhang är det intressant att anknyta till de norska reglerna där en varningslinje kan förvarna en spärrlinje varvid NVF:s krav vad gäller reducerad omkörningssikt i det närmaste uppnås.

Avslutningsvis bör påpekas att de problemställningar som ovan antytts, utgör ett i stort utforskat men inte dess då mindre angeläget forskningsfält. Förhoppningsvis kan dessa problem börja studeras bl a med hjälp av den datorstyrda vägbild, som VTI för närvarande utvecklar.

- 3.7.3 Utmärkning av vägen med hjälp av vägkantsreflektorer
 I Sverige har vägverket nyligen utfärdat en anvisning angående bruk av vägkantsreflektorer på vägar med hög standard (körbana >8 m; årsmedeldygnstrafik över 1000 fordon samt hastighet 90-110 km/h). Bakgrunden till att vägkantsreflektorer börjar användas i stor skala är den stora olycksreduktion, som erhållits vid en omfattande försöksverksamhet (Statens vägverk 1976, 1979-02).

Vägkantsstolparna placeras normalt 1 m från vägbanans kant. Reflektorns mittpunkt skall befinna sig 0,9 m över körbanan. På väg med trafik i båda riktningarna visar kantstolpen en rektangulär reflektor i körriktningen längs vägens högra sida och två runda reflektorer längs den vänstra. Gul reflektor används på

varje sida om anslutande väg och likaså för utmärkning av busshållplats och rastplats i anslutning till körbanan.

Väggkantsreflektorerna placeras parvis på båda sidor av vägen. Avståndet mellan väggkantsreflektorer längs vägen har gjorts beroende av vägens geometri enligt följande. På raksträckor och vid horisontalkurvor med radier större än 700 m, vid konkava vertikalkurvor och vid konvexa vertikalkurvor med en radie överstigande 2500 m skall avståndet mellan väggkantsreflektorerna vara 60 m. Vid snävare horisontalkurvor (radier mindre än 700 m) och brantare krön (radier mindre än 2500 m) skall detta avstånd vara 30 m.

"Kantafmærkningspoele" används allmänt i Danmark men trots detta tycks formella regler för hur de skall utföras i olika avseenden saknas (Justitsministeriet 1977).

Sammanfattningsvis kan sägas att väggkantsstolpar med retroreflexer har visat sig kunna reducera olyckorna avsevärt (kap 2). Däremot har man ej studerat hur trafikantens upplevelse av vägen påverkas av olika utföranden av väggkantreflektorerna. Detta gäller såväl själva väggkantsstolpens utformning som avståndet mellan stolparna både längs och tvärs vägen.

3.7.4 Trafikantens sikt och upplevelse av vägens linjeföring

Under dagsljus och goda väderbetingelser i övrigt är trafikantens sikt längs vägen bestämd av dess linjeföring, dess tvärsektion och dess närmaste omgivning. Vägsträckan fram till närmaste sikt-hinder utgör den del av vägmiljön, som föraren har möjlighet att effektivt övervaka. Från den del av vägen, som ligger bortom sikthindret, har trafikanten

ofta viss information. Detta gäller t ex om denna del av vägbanan dessförinnan varit synlig eller om trafikanten vid upprepad färd utefter vägen har lärt sig dess siktegenskaper. Trafikanten kan också med ledning av kantstolpar och väglinjer samt vägen och dess omgivning i övrigt göra mer eller mindre korrekta bedömningar av t ex den fria sikten t ex till mötande fordon.

I mörker på fordonsbelyst väg förändras ovan beskrivna situation drastiskt. Frisiktsträckan i mörker hos vägar med normal geometrisk standard torde inte i första hand begränsas av vägens linjeföring. Helljuset torde kunna ge trafikanten möjlighet att se vägbanan på avstånd av i storleksordningen 300 - 600 m. Motsvarande avstånd i halvljus torde i genomsnitt vara 60 - 100 m. Vägens synbarhet torde i hög grad kunna förbättras genom vägkantsreflektorer och i vägmarkeringar med hög grad av retroreflexion. Problemet är att effekten hos dessa hjälpmedel kraftigt försämras vid väta när det gäller vägmarkeringar och av nedsmutsning när det gäller vägkantsreflektorer. Resultatet av dessa förhållanden är att föraren på längre avstånd ofta endast har tillgång till indirekt eller osäker information om vägens linjeföring och frisiktsträckor förmedlad bl a genom relativa lägen och lägesförändringar hos förekommande medtrafikanters baklyktor och strålkastare.

Spärrlinjen är dimensionerad för mötessikt mellan två fordon under dagsljusförhållanden. Under mörker är det mötande fordonet ofta synligt först då dess strålkastare kan upptäckas. Eftersom strålkastarna är monterade på ungefär halva fordonshöjden är den verkliga mötessikten i mörker betydligt kortare. Av detta framgår också att svackor hos vägen, som döljer ett mötande fordon under mörker men ej vid dagsljus, ej förvarnas genom spärrlinjemarkering.

Sammanfattningsvis kan sägas att vägmiljön i flera olika avseenden ej dimensioneras för att kunna ge trafikanten tillräcklig information om siktförhållanden och vägens linjeföring under mörker.

Väggorsningar utgör en form av nödvändiga geografiskt begränsade förändringar i vägrummet, som ökar kraven på förarna dels genom eget färdval och dels genom nödvändig anpassning till trafikanter med andra färdmål. För att i största möjliga utsträckning säkerställa en god anpassning av förarbeteendet i väggorsningar fordras bl a att väggorsningar skall vara väl synliga samt äga ett högt uppmärksamhetsvärde på tillräckligt långa avstånd. Dess trafikavvecklande funktion skall också vara lätt att förstå för trafikanten. Detta innebär bl a att föraren skall ges en korrekt upplevelse av fordonets korrekta placering vid olika färdmål men också av de företrädesregler, som gäller mellan olika trafikströmmar.

De här nämnda kraven på väggorsningar kan förväntas vara särskilt svåra att uppfylla vid fordonsbelysning i mörker. Ulf Brüde och Jörgen Larsson (1977) har i en studie av väggorsningar erhållit att andelen mörkerolyckor i väggorsningar utan vägbelysning är ca 45 - 50% medan motsvarande andel för korsningar med vägbelysning är ca 30%.

3.8 Andra trafikanter

Vid bilkörning i mörker på obelyst väg innebär förekomsten av medtrafikanter generellt en mycket större försämring av förarens visuella miljö än vid körning i dagsljus. Denna försämring är beroende av ett antal faktorer som kan återföras till att belysningen av vägen sker från det egna fordonet.

I helljus och utan bländning från medtrafikanter kan föraren förmodas se vägen på avstånd mellan 300 och 600 m förutsatt att vägen är rak och är utan fysiska sikthinder.

En mörklädd fotgängare utan reflex upptäcks i motsvarande situation på ca 300 m avstånd (Helmers & Rumar 1975). Helljuset är dock starkt bländande för mötande trafikanter. Detta gäller i viss mån också för fordonstrafikanter som färdas i samma färdriktning på grund av den bländning, som sker via backspeglarna.

För att minska den obehagliga helljusbländningen och förbättra synbarheten av vägen alldeles framför fordonet väljer trafikanten i dessa situationer att blända av till halvljus. Vid möte är dock siktsträckan till hinder på vägbanan ofta något längre i helljus än i halvljus då avståndet mellan två mötande fordon är stort (>500 m) (Helmers & Rumar 1975).

Halvljuset har en ljusfördelning med en skarp ljusmörkergräns. När det är korrekt inställt, skall det jämfört med helljuset, orsaka en mycket begränsad bländning samtidigt som det skall ge en god belysning av en plan väg framför fordonet upp till ett avstånd i meter som överensstämmer med det numeriska värdet av strålkastarnas monteringshöjd på fordonet i centimeter. Bortom detta avstånd och ovanför horisontalplanet genom strålkastarna skall mycket litet ljus falla (men undantag för det ljus som faller inom strålkastarens asymmetrisektor).

Halvljusets ljusfördelning innebär för trafikanten att synbarheten hos hinder med realistisk ljushet samt synbarheten av själva vägbanan inskränker sig till den del av vägbanan som är starkt belyst. För personbilar är detta avstånd mindre än 100 m (Rumar 1974). Genom reflexer kan alla hinder göras synbara långt bortom halvljusets ljus-mörkergräns (Berggrund & Rumar 1975). Likaså kan vägens konturer göras synbara på längre avstånd med hjälp av vägmarkeringar, vägbane- och vägkantsreflektorer under förutsättning att dess visuella hjälpmedel äger en hög grad av retroreflexion.

I vissa situationer kan dock medtrafikanterna förbättra halvljuskörningens villkor. Hinder kan under vissa omständigheter synas på långa avstånd i silhuett mot en, av ett framförvarande fordon upplyst, vägbana eller mot den korona som ofta bildas kring ett mötande fordon i disigt väder. Hinder kan också synas på långa avstånd i direkt belysning från ett framförvarande fordon i egen körriktning.

Framförvarande fordon i båda körriktningarna kan också förmedla information till trafikanten om vägens linjeföring på långa avstånd genom att strålkastare och bakljus äger en god synbarhet.

Den information om vägen och hinder på vägen, som kan förmedlas till föraren med hjälp av medtrafikanterna, är dock osäker. Silhouetteffekter uppträder t ex endast under vissa förhållanden (Johansson & Rumar 1971). De fordon, som föraren upplever befinna sig långt bort på den väg han färdas kanske befinner sig på en annan väg etc. Dessutom är ofta tillgången till denna form av information av så kortvarig och plötslig natur att man inte kan räkna med att föraren hinner uppfatta eller dra nytta av den. Detta, vid sidan av de stora metodproblem som föreligger, kan antagligen förklara det faktum att dessa förhållanden i så liten utsträckning studerats.

Då möte mellan fordon i mörker på obelyst väg utgör en allmänt förekommande trafiksituation i vilken säkerhetsmarginalerna ofta visat sig vara obefintliga torde det vara välmotiverat att bland andra välja dessa situationer för forskning med syfte att förbättra förarens visuella miljö.

3.9 Vägens omgivning

Följande citat är hämtat ur vägverkets nya anvisning "Väggkantsmarkeringar". "En väg och dess närmaste omgivning upplevs av trafikanterna som avgränsade rum. Vid färd genom ett sådant rum varierar siktsträckan på grund av vägens linjeföring samt terrängens form, bebyggelse och vegetation. Om övergångarna mellan vägrummen är mjuka och trafikanten lätt förstår vägens fortsatta sträckning sägs vägen ha god visuell ledning. En sådan väg förväntas därmed få högre trafiksäkerhet än andra".

Vägen och dess omgivning bör med andra ord samverka på ett sådant sätt att trafikanten på ett så tidigt stadium som möjligt får en entydig och korrekt upplevelse av vägens fortsatta sträckning och förhållanden i övrigt.

Sannolikheten för att trafikanten skall göra felaktiga bedömningar och tolkningar av den situation han möter torde vara betydligt större under mörker jämfört med dagsljusförhållanden. Skälet till detta är att den utarmade visuella informationen under mörker från vägen och dess omgivning på långa avstånd skapar olika tolkningsmöjligheter. Under dagsljusförhållanden är den visuella informationen så mycket rikare, vilket minskar sannolikheten för feltolkning av den visuella bilden. Det måste dock i detta sammanhang uppmärksammas att vägmiljön i sämsta fall kan utformas så att trafikanterna regelmässigt gör felbedömningar även under goda ljusförhållanden.

En uthuggning genom skogen i förlängningen av en raksträcka över ett krön kan t ex ge föraren under både mörker och dagsljus intryck av att vägen fortsätter rakt fram.

I de fall vägar löper vid sidan av varandra, kan trafik på den ena vägen särskilt under mörker försvåra

för förarna på den andra vägen att få en korrekt uppfattning av den situation som föreligger. Motsvarande kan t ex också gälla när en järnväg ligger i nära anslutning till vägen.

De ovan anförda exemplen behandlar trafiksituationer, som innebär att föraren kan erhålla tvetydig information från vägens omgivning. Dessa situationer kan sedan förvärras genom att omgivningens synbarhet i sig försvåras t ex genom bländning. En viss grad av bländning från mötande fordon måste accepteras eftersom bländningen är en ofrånkomlig effekt av halvljusets konstruktion och därför en förutsättning för fordonstrafik i mörker på väg utan vägbelysning. Däremot bör den för trafiken enbart störande bländning, som kan orsakas av anläggningar vid sidan av vägen (t ex industrier, sportanläggningar, bensinstationer och dylikt) i så hög utsträckning som möjligt begränsas. Ett förslag till norm för begränsning av bländning från sidoanläggningar har presenterats i den samnordiska rapportserien (Mörkertrafik nr 1, 1977).

3.10 Værforhold

3.10.1 Generelt

Ved kjøring i mørke på ubelyste veger vil en være avhengig av lys fra bilens eget lyssystem. Under fordelaktige forhold vil dette lys normalt være tilstrekkelig for en sikker kjøring, såfremt ikke vegen har alt for lav standard. Effekten av kjøreløset vil under nedbør bli sterkt redusert, og a forskjellig spredning av lyset og de reduserte kontrastforhold som oppstår. De forskjellige værforhold og deres innvirkning på synsdistansen er nærmere omtalt i de følgende avsnitt.

3.10.2 Tåke

Tåke oppstår ved kondensering av vanndamp. Det dannes små vanndråper som blir hengende i luften og legger seg som et belte over terrenget. Tykkelse og tetthet på dette beltet kan variere sterkt. Under forhold med tykk tåke oppstår meget vanskelige kjøreforhold, noe som fører til stor ulykkesfare.

Ser en på hyppigheten av tåke i Norge, er det en gjennomsnitt på 15, 2 og 3 dager med tåke i henholdsvis Oslo, Bergen og Trondheim. Dette skulle tilsi at problemene med tåke ikke burde være store (Det Norske Meteorologiske Institutt, 1979). Det har ikke latt seg gjøre å skille ut tåkeulykkene i den norske og svenske ulykkesstatistikken, men i Danmark oppstår 10% av ulykkene under forhold med tåke. Det framgår klart at ulykker i tåke oftest skjer i mørke ($M/D = 1,55$). (Se nærmere omtale i kapittel 2.)

3.10.2.1 Synsforhold i tåke

Dersom tåke gir siktlengder mindre enn 200 m i dagslys, vil den virke trafikkhindrende. Størrelsen på vanndråpene har sterk innvirkning på sikten. Her er synslengden proporsjonal med dråpestørrelsen (store dråper - bedre sikt) (Schieldrup Paulsen 1963).

Når tåke oppstår i mørke, vil dette skape forverrede synsforhold for bilistene. I mørke blir lys fra lyskasterne reflektert av vanndråpene og virker sjenerende i tillegg til den reduserte kontrast som tåken medfører. Denne effekt har en negativ virkning på identifisering av objekter på kjørebanelen. På større avstander vil lyset bli spredt i en slik grad at all kontrast forsvinner (NCHRP 1975). På grunnlag av dynamiske forsøk har en kommet fram til følgende sammenheng mellom siktlengder og grad av tåke, OECD, 1976;1:

Tabell 3.5 Siktdistanser under forskjellig grad av tåke

Fog density scale and visibility distances

Grad	Standard siktdistanse (m)	Siktlengde til parkert bil (m)		Siktlengde til baklys (m) natt
		Dag 1)	Natt 2)	
Tynn tåke	1000-500	200 - 140	170 - 120 ^{*)}	400 - 300
Moderat tåke	500-200	140 - 65	120 - 70 ^{*)}	300 - 200
Tykk tåke	200-100	65 - 30	70 - 40 ^{*)}	200 - 125
Meget tykk tåke	100- 50	30 - 15	40 - 25	125 - 75
Tåkevegg	< 50	< 15	< 25	< 75

1) Lysfarget objekt sett mot bakgrunn av tåke

2) Lysfarget bil opplyst av påfølgende bil

*) Hellys (alle andre registreringer utført ved halvllys)

Ved kjøring i mørke blir vanligvis nærlys og fjernlys brukt for å bedre siktforholdene. Under forhold med tåke vil ikke dette være tilstrekkelig og en kan da montere tåke-kurvelys. Undersøkelser viser imidlertid at disse spesialkonstruerte lyktene bare gir større siktlengder ved meget tykk tåke (siktlengde mindre enn 100 m). På grunn av disse lyktenes spredning av lyset, er de også godt egnet til bruk på sterkt svingete veger. Undersøkelser har indikert at tåke-kurvelys brukt sammen med nærlys kan gi redusert siktlengde sammenlignet med bruk av bare nærlys på grunn av den sterke lyskilde tåkelyktene gir nær

kjøretøyet og på den måten reduserer øyets evne til å oppdage gjenstander noe lenger fra kjøretøyet som er belyst av nærlyset (Hisdal, B, 1974).

3.10.3 Regn

Mørkekjøring i regn skaper vanskelige forhold for trafikantene. Regn har en negativ virkning, ikke bare på trafikantene, men også på kjøretøy og vegbane. Kjøring under slike forhold har vist å føre til en høyere ulykkesfrekvens.

3.10.3.1 Synsforhold i regn

Siktstanden er vanligvis ikke det største problemet ved kjøring i regn, men derimot de kontrastforhold som oppstår gjør det vanskelig å oppdage objekter som måtte befinne seg i og ved kjørebanelen.

Ved regn dannes en reflekterende film på kjørebanelen, noe som gjør at en får en dårlig virkning av eget lys (lite lys blir reflektert tilbake) og sjenerende refleksjon av nærlyset til møtende trafikk. Også sterke lyskilder utenfor vegbanen (bensinstasjon, idrettsanlegg etc) kan gi reflekterende lys og på den måten ha en negativ effekt på synsforholdene.

I tillegg skaper regn sammen med støv på innsiden av frontruten en ekstra siktreduserende faktor (3.6). Regn på lykteglassene gjør også sitt til at lysspredningen endres. Disse siktreduserende faktorene gir en kortere siktlengde og dermed redusert tid til nedbremsing.

3.10.4 Snø

Snø har stor innvirkning på sikt- og kjøreforhold på forskjellige måter. Siktstrekningen reduseres sterkt i snøvær, spesielt i mørke. Snø kan ha en siktreduserende virkning under forskjellige forhold; fallende snø, drivsnø (pisket opp av vinden) og hvirvlende snø (bak kjøretøyer).

3.10.4.1 Fallende snø

Siktforholdene i fallende snø varierer sterkt med intensiteten av nedbøren. På samme måte som i tåke, blir lyset reflektert, noe som har en negativ effekt og en vil få redusert siktdistansen. Ved sterk nedbør vil det være vanskelig å se annet enn de opplyste snøkrystallene. Størrelsen på snøkrystallene vil ha vesentlig betydning for siktdistansen.

3.10.4.2 Drivsnø

Når snøen er lett og tørr, kan vind lett sette snøen i bevegelse. Snøen vil holde seg nær bakken og på den måten gjøre det vanskelig å oppdage små gjenstander på kjørebanelen, mens siktbarheten ellers ikke blir redusert. Under slike forhold vil også vegoppmerkingen miste mye av effekten. Når så vindstyrken øker, vil snøen bli pisket opp og nå øye-nivå, noe som vil nedsette siktdistansen ytterligere.

3.10.4.3 Hvirvlende snø fra trafikk

Tørr snø som ligger i kjørebanelen vil lett hvirvles opp av kjøretøyer i fart. Ren turbulent luftstrøm som oppstår bak kjøretøyene løfter opp snøen og dermed reduseres sikten. Dette fører til at det blir vanskelig å se den foran kjørende bilen. Spesielt er dette et stort problem i mørke. De største ulempene oppstår bak større lastebiler p g a den ikke strømlinjeformede design. Den hvirvlende snøen skaper kanskje de største problemene ved forbikjøringer.

Ligger snøen på vegbanen i form av sludd, vil dette også bli kastet opp og legge seg på frontruten og lyktglassene til den følgende bil.

3.10.4.4 Snø på kjørebanelen

Etter at snøen har lagt seg på vegbanen, vil kontrast- og lysforholdene forandre seg betydelig. Hindringer som måtte befinne seg på kjørebanelen vil bli sett mot

en lysere bakgrunn og vil da lettere kunne identifiseres på lengre avstander.

Idet snøen legger seg på kjørebane vil vegbaneoppmerkingen forsvinne og vanskeliggjøre riktig sideplassering mellom kjørebane og kjøreretninger, noe som kan føre til konflikter. Den visuelle føring forringes ytterligere ved de kontrastforhold som oppstår. Snøen legger seg som et hvitt teppe over kjørebane, vegskuldre, kantstein og fortau, slik at kontrasten blir sterkt redusert og dermed den visuelle føring minimal (OECD 1976,1).

Om vinteren blir ofte gater og trafikkåre i tettbygde strøk saltet for å oppnå en bedre trafikkavvikling. Dette saltet gjør sitt til at snøen delvis smelter og en får en mørk, våt kjørebane med vanskelige kontrastforhold og ulempene med sølesprut fra forankjørende biler.

3.10.5 Sammendrag

Kjøring i mørke og under forhold med nedbør medfører ekstra problemer for bilistene og dermed en sikker trafikkavvikling. De største ulempene har en kanskje under regnvær, først og fremst at dette forekommer hyppig, men også de sterkt reduserte kontrastforhold som oppstår.

På bakgrunn av den viten som foreligger innen dette område, savnes det undersøkelser som belyser de forskjellige værforholds innvirkning på tiltak for bedre visuell føring. Spesielt er det hvilken effekt snøen har for den visuelle føring som savnes, men også intensiteten av regn og tåke.

Det kan også nevnes at det er mangel på viten når det gjelder hvilken effekt forskjellig regnintensitet har for betydningen av lyse vegdekker.

Direkte målinger av de nevnte forhold er vanskelige på grunn av de variasjonene en alltid vil ha i nedbør.

3.11 Synsfunksjonen

3.11.1 Synsevne og trafikksikkerhet

En trafikant orienterer seg i trafikken ved å motta og nyttiggjøre seg informasjon om vegrommet og alt som befinner seg der. Denne informasjonen får han stort sett via synssansen (Rumar, 1980). Synsevnen varierer fra person til person. Det er rimelig å anta at slike variasjoner til en viss grad gjenspeiler trafikanters evne til å ferdes sikkert på vegen. Det er imidlertid vanskelig å påvise noen entydig sammenheng mellom synsdefekter og trafikksikkerhet, f.eks. hos bilførere. Det har sammenheng med at synsfunksjonen er en meget sammensatt prosess. Ved alle studier av øyet og synsfunksjonen er det vanlig å foreta en systematisk inndeling i delfunksjoner som behandles enkeltvis og uavhengig av hverandre. Dette gjelder også ved undersøkelser av synsfunksjonen i trafikksammenheng (Allen, 1970). Av aspekter ved synsevnen som kan forventes å ha betydning i trafikksituasjoner, nevnes her som de viktigste:

a) Statisk synsskarphet.

Begrepet gjelder evnen til å oppfatte detaljer i en statisk scene, og den viktigste parameteren er optisk oppløsningsevne. Kontrastfølsomheten spiller imidlertid også en rolle. Oppløsningsevnen kan stort sett tilbakeføres på øyets optiske egenskaper, særlig graden av brytningsfeil, mens kontrastfølsomheten dels angår øyets optikk og dels synsnervesystemet (se pkt h nedenfor).

b) Dynamisk synsskarphet.

Gjelder evnen til å oppfatte detaljer i en scene som er i bevegelse (stadig forandring). Denne funksjonen er bare delvis forstått, men antas å være bestemt i overveiende grad av nevrofysiologiske og psykologiske forhold. Det er imidlertid også rimelig at oppløsningsevne og kontrast

følsomhet spiller en viss rolle.

c) Oppfattelse av bevegelse.

Med dette begrepet menes evnen til å bedømme riktig bevegelsen av et objekt som forflytter seg normalt til eller parallellt med synsretningen. Parametrene for oppfattelse av bevegelse er bare delvis forstått, men det må antas at også stereoskopisk synsevne har betydning, i tillegg til nevrofysiologiske og psykologiske forhold.

d) Synsfelt.

Størrelsen av det feltet i objektrommet som en person mottar nyttbar informasjon fra, er bestemt dels av netthinnens tilstand og dels av psykologiske faktorer.

e) Mørkesyn.

Med uttrykket mørkesyn menes vanligvis evnen til å se gjenstander ved luminanser under ca $0,01 \text{ cd/m}^2$ (skotopisk syn). Manglende eller redusert mørkeadaptasjon er meget sjelden, og kalles vanligvis nattblindhet. Det er en netthinne-defekt som antas å ha sammenheng med mangel på vitamin A. Nattblindhet kan imidlertid også skyldes sykdommer i netthinnen eller arvelige defekter.

Evnen til å se ved lave lysnivåer reduseres også med alderen av andre årsaker: Transmisjonen gjennom linsesystemet avtar på grunn av forskjellige forurensninger og farging. Akkomodasjonsområdet reduseres (stivere linse). Maksimal pupillediameter reduseres. Disse faktorene har imidlertid ikke noe med nattblindhet å gjøre. En annen form for redusert mørkesyn er såkalt natt-myopi (natt-nærsynthet), som antas å skyldes økende sfærisk aberrasjon og dels også kromatisk aberrasjon i linsesystemet når pupillens størrelse øker mye. Det kan også dreie seg om endret akkomodasjons-

tilstand i mørke i forhold til i dagslys.

f) Blendingsfølsomhet.

Blending oppstår når øyet fra deler av synsfeltet blir utsatt for vesentlig høyere lysnivå enn det er adaptert for. Blendingsfølsomheten varierer individuelt, og det er kjent at den øker med alderen, bl.a. på grunn av øket spredning av lys i øyets optiske deler.

g) Fargesyn.

Evnen til å skjelne lysbølgenes frekvenser som farger ligger hos tappene i netthinnen. Det forekommer en rekke ulike varianter av fargeblindhet, der fargesynet enten mangler eller er redusert i forhold til det normale. Det kan enten dreie seg om manglende følsomhet i deler av spektret, eller redusert evne til å skille farger fra hverandre.

h) Kontrastfølsomhet.

Gjelder evnen til å registrere lave luminanskontraster, en funksjon som viser sterk avhengighet av objektets utstrekning. Kontrastfølsomhetens egentlige årsaker er ikke fullt ut forstått, men funksjonens form viser at den ikke kan tilskrives øyets optikk alene. Den antas å være dels en netthinne-effekt, og dels en funksjon av nevrofysiologiske forhold i synsnervesystemet forøvrig (Kelly, 1977).

Når det så gjelder sammenhengen mellom synsevne og trafikksikkerhet, viser undersøkelsene nedslående resultater. En omfattende litteraturstudie (Davison, 1978) gjennomgår ca 50 undersøkelser fra flere land omkring synsforhold og trafikk. Det viser seg her at bare i de tilfellene når synsevnen måles med bevegelse i synsfeltet, finnes det en signifikant korrelasjon mellom synsevne og ulykkes-

frekvens. Dette resultatet skulle tyde på at dynamisk synsevne og oppfattelse av bevegelse, er relevante funksjoner å undersøke hos personer som skal ha førerkort. Foreløpig er imidlertid disse forholdene for dårlig undersøkte til at en kan stille presise krav (Glad, 1977).

De aspektene ved synsfunksjonen som har spesiell betydning for kjøring i mørke, må antas å være:

- e) Mørkesyn.
- f) Blendingsfølsomhet.
- h) Kontrastfølsomhet.

Alle disse funksjonene er, etter det en forstår av litteraturen, lite undersøkte og dårlig forstått. Det finnes heller ingen oversikt over hyppighet eller variasjonsområder for disse eller de øvrige synsdefektene. Den eneste defekt som finnes i statistikker, er fargeblindhet, som forekommer hos ca 8% av den mannlige befolkning, og ca 0,5-1% av den kvinnelige befolkning.

Dagens situasjon når det gjelder krav til personer som søker vanlig førerkort i Skandinavia, framgår av tabell 3.6. Kravene gjelder stort sett statisk synsskarpheit og synsfeltets størrelse. Bortsett fra kravet om nattsyn i de danske reglene, blir ikke forholdene som har spesiell betydning for mørkekjørsel, undersøkt. På bakgrunn av dette og de manglende kunnskapene om synsfunksjonen, kan en altså ikke sikkert si om personer med førerkort har de samme forutsetningene for å kjøre i mørke som i dagslys.

3.11.2 Modeller av synsfunksjonen

Skjematisk sett består synsfunksjonen av en fysiologisk hoveddel, øyet, der det optiske bildet dannes på en detektor (retina), og en psykologisk hoveddel,

synssentret i hjernen, der synsstimuli tolkes. Mens de fysiologiske funksjonene for en stor del er forstått, har en bare i mindre grad oversikt over de psykofysiske prosessene. I synsforskningen har en gjort mange forsøk på å etablere modeller for den totale synsprosessen, bl.a. på informasjonsteoretisk grunnlag, men ingen slike modeller har vist seg å være særlig anvendelige. Mer begrensede modeller, som omfatter deler av synsfunksjonen, eller som går på spesielle synsoppgaver, har imidlertid fått større praktisk betydning, så i dag kan en rekke viktige deler av synsfunksjonen beskrives (Overington, 1976). Blant slike funksjoner er oppløsningsevne (synsskarphet), kontrastfølsomhet og kombinasjoner av disse, f.eks. gjenkjennelse av regelmessige mønstre. Redusert oppløsningsevne og kontrastfølsomhet skyldes stort sett linsefeil eller defekter i retina.

Kontrastfølsomheten for regelmessige mønstre (striper) er ganske inngående undersøkt (Kelly, 1977). og kan brukes i kvantitative beskrivelser av "normalt" syn.

Synsdefekter som skyldes linsefeil (aberrasjonen), kan beskrives ved MTF-funksjoner (MTF = Modulation Transfer Function). Fordelen med denne metoden er at en ved hjelp av den relativt enkelt kan utlede konsekvensene av linsedefekter for oppfattelse av bestemte mønstre, tilsvarende f.eks. striper på kjørebanelen (Brekke, 1978). Praktisk bruk av MTF-metoden i stor skala forutsetter imidlertid kjennskap til omfanget av ukorrigerte linsefeil i befolkningen, samt spredningsområdene for ulike typer defekter. Slike oversikter finnes imidlertid ikke.

Tabell 3.6

Krav til synsevne hos personer som tildeles vanlig førerkort i Skandinavia.

Visual ability requirements for persons to obtain an ordinary driving licence in Scandinavia.

Land	Norge	Sverige	Danmark
Synsevne			
Statisk synsskarphet	50% på begge øyne samtidig	70% og 30%, eller 80% og < 30%	50% og 25% eller 67% på ett øye
Synsfelt	Normalt på minst ett øye	Normalt på minst ett øye	Normalt på minst ett øye
Dynamisk synsskarphet	Ingen krav	Ingen krav	Ingen krav
Oppfattelse av bevegelse	Ingen krav	Ingen krav	Ingen krav
Synsevne i mørke	Ingen krav	Nattblindhet etterspørres	Nattblindhet etterspørres*
Fargesyn	Ingen krav	Ingen krav	Ingen krav

*Ved nattblindhet kan førerkort utstedes kun for kjøring utenfor lyktetennningstiden.

4. ELEMENTER I DEN LYSTEKNISKE FUNKTION

Af Kai Sørensen, LTL (4.)

Bjørn Brekke, NTH/EFI (4.1)

Gabriel Helmers, VTI (4.2 og 4.3)

Det er antaget, at trafikantens visuelle behov ved mørkekørsel på veje uden fast belysning kan opdeles på nogle forskellige forhold, som er kaldt elementer. De følgende elementer, som behandles i hvert sit afsnit, anses for at være vigtige: visuel føring, synlighed af forhindringer og mulighed for at bedømme afstand og bevægelse.

Disse afsnit rummer dels almen information om emnerne og peger, især hvad angår afsnit 4.1 "Visuell føring" og 4.2 "Synbarheten hos hinder, som befinder sig på eller invid körbanan", på behov og metoder for undersøgelser.

Det anføres i øvrigt, at der i afsnit 4.1, som et arbejdsgrundlag gives en omtale af visuel føring, hvor der skelnes mellem "visuel føring på kort afstand", som muliggør bedømmelse af køretøjets øjeblikkelige position og bevægelsesretning, og "visuel føring på lang afstand", som muliggør en opfattelse af vejens forløb.

Til afsnit 4.2 kan bemærkes, at afsnittet konkluderer, at de mange naturligt forekommende parametervariationer næppe kan inddrages gennem ressourcerekrævende fuldskalaforsøg, som derfor bør suppleres med EDB-beregninger.

Afsnit 4.3 "Bedömning av avstånd och rörelse" angår den tre-dimensionale oplevelse af vejrummet og omtaler forskellige teorier om, hvordan oplevelsen opstår. Det påpeges, at situationen ved mørkekørsel på veje uden fast belysning er særlig fattig på informationer, og de forskellige teorier om den

tre-dimensionale oplevelse fortolkes med henblik på denne situation.

Til kapitlets emner som helhed kan bemærkes, at den stigende anvendelse af reflekser i afmærkningen og på trafikanterne rejser det spørgsmål, i hvor høj grad de visuelle forhold kan baseres på synlighed af lygter og reflekser. Det bør undersøges, om ikke "jordforbindelsen", især i form af en direkte synlighed af kørebanen, er nødvendig.

4.1 Visuell føring

En bilfører får storparten av sin informasjon om den foranliggende vegen via synssansen. Ved mørkekjøring på ubelyst veg er mulighetene til å innhente visuell informasjon sterkt redusert i forhold til dagslys-situasjonen. Problemene med å se vegen varierer dessuten med værforholdene, spesielt oppleves tåke og nedbør som hemmende (se også avsnitt 3.10). På en mørk og kanskje våt vegbane kombinert med mørke omgivelser opplever en også at møtende trafikk reduserer sikten til praktisk talt null på grunn av blinding.

Problemene ved mørkekjøring gir også merkbart utslag i ulykkesstatistikken, slik det fremgår av avsnitt 2 foran. Alle forhold på og ved vegen som kan bidra til å gi den kjørende informasjon om vegens forløp, blir betegnet som vegens "visuelle føring".

4.1.1 Begrepet "visuell føring"

Vegen, vegens omgivelser og alle virkemidler som er tatt i bruk, gir som resultat det som er betegnet som vegens visuelle føring, og gir den kjørende informasjon til å bedømme:

- Kjøretøyets posisjon og bevegelse på kjørebanelen
- Vegens trasé foran kjøretøyet.

Punktene ovenfor er framhevet for å påpeke at føreren i et hvert øyeblikk har to oppgaver: For det første å sørge for at kjøretøyet befinner seg i den riktige posisjonen og har den riktige bevegelsesretningen i øyeblikket, og for det andre å planlegge videre kjøring. Den visuelle føringen anses for å være bedre jo enklere, hurtigere og mer korrekt bedømmelsen kan skje, og bedre i jo større lengde foran kjøretøyet vegens trasé kan bedømmes. Den visuelle føringen anses som dårlig hvis feilbedømmelse er mulig, eller hvis viktige forhold kan overses. Denne beskrivelsen av visuell føring indikerer at begrepet i alle fall foreløpig ikke kan gis noen strengt empirisk definisjon, men den gir samtidig muligheten

for å definere forskjellige operasjonelle (målbare) aspekter ved visuell føring, f.eks. i hvilken avstand vegens trasé kan vurderes under nærmere spesifiserte forhold.

Inntil videre må imidlertid undersøkelsene av visuell føring være basert på "ad hoc"-definisjoner. Relevansen og den praktiske brukbarheten av disse definisjonene vil da også måtte være en vesentlig del av undersøkelsene.

4.1.2 Parametre i vegens visuelle føring

Forhold som kan tenkes å innvirke på vegens visuelle føring, tilhører følgende kategorier:

- a) Utformingen av veglegemet og dets nærmeste omgivelser.
- b) Vegbanens utforming og lystekniske egenskaper.
- c) Hjelpemidler i form av faste markeringer, retro-reflekterende og andre.
- d) Andre trafikanter og eventuelle lys og reflekser på disse.

Kategori a omfatter foruten selve veglegemet også naturlige formasjoner (skjæringer, fyllinger) og vegetasjon i nærheten av vegen. Alt dette kan i større eller mindre grad innvirke på den visuelle føringen, tilsiktet eller utilsiktet. En kan også tenke seg at slike bidrag kan være negative, dvs. at formasjonene gir et galt inntrykk av vegens forløp. I alle tilfeller vil disse parametrene for en stor del være ikke-kontrollerbare, ettersom de tilhører landskapet, og de kan derfor ikke brukes til systematisk regulering av den visuelle føringen. Ved prosjektering av ny veg kan en imidlertid tenke seg at en til en viss grad lar vegen og landskapet samvirke for å gi en

god og entydig visuell føring, men dette vil være en vanskelig oppgave å gjennomføre på prosjekteringsstadiet, ettersom en del av effektene nok må antas å bli synlige først etter at vegtraséen er opparbeidet.

Kategori d, som gjelder andre trafikanter på vegen, har en også svært begrenset mulighet til å påvirke systematisk. Det er innlysende at på veger med trafikk over et visst minimum, kan den øvrige trafikken gi et vesentlig bidrag til visuell føring. Det positive bidraget kommer helst fra baklys og reflekser på forankjørende kjøretøyer, mens motgående trafikk ofte vil bidra mer i negativ retning i form av blendingsproblemer. Vanskeligheten med denne kategorien er at bidragene fra trafikken er usystematiske og tilfeldige, slik at de ikke lett kan innarbeides i en modell for visuell føring.

Kategoriene b og c, som gjelder vegbanens egenskaper og vegens faste markeringer, omfatter de hjelpemidlene som lar seg systematisk variere. Referansene (Vegdirektoratet 1976, Stigre 1978, Amundsen og Ruud 1979, og Amundsen og Pedersen 1976) diskuterer de muligheter som kan benyttes. De viktigste bidragene til visuell føring kommer fra:

- Vegbanens refleksjonsegenskaper
- Vegoppmerking (midtlinje, kantlinjer)
- Vegbanereflektorer (cat's eyes)
- Vegkantreflektorer (kantstolper)
- Retningsmarkeringer i kurver
- Gelendere/vegrekverk
- Lyse vegskuldre

Også vanlige trafikkskilt må antas å bidra til visuell føring i enkelte situasjoner, men ikke på noen systematisk måte. Virkningen av slike skilt kan derfor ikke inndras i en modell.

En spesiell parameter er bruk av lys i vegkryss og andre "singulariteter" langs vegen der det kreves spesiell forsiktighet og oppmerksomhet fra førerens side. Mulighetene for å bruke lys langs ellers ubelyste veger er imidlertid ofte begrenset.

Endelig må en kunne tenke seg andre, tilfeldige bidrag til visuell føring enn de som går inn under de nevnte kategoriene. Spesielt gjelder dette bebyggelse og/eller lyskilder i nærheten av vegen. Disse bidragene kan imidlertid like gjerne være negative som positive, og kan vanskelig inndras i en systematisk undersøkelse, og heller ikke på noen enkel måte innlemmes i en modell.

- 4.1.3 Undersøkelser av aspekter ved visuell føring hittil
 De undersøkelsene som hittil har vært gjort, har stort sett dreid seg om effektmålinger av spesielle markeringstyper (kantstolper, vegoppmerking osv.) vurdert enkeltvis som bidrag til økt trafikksikkerhet. Referansene (Vegdirektoratet 1976, Stigre 1978, Amundsen og Ruud 1979 og Amundsen og Pedersen 1976) gir en fyldig oversikt over slike effektundersøkelser. Resultatene viser ganske klart at alle typer retroreflekterende hjelpemidler (vegoppmerking, vegbane-reflektorer, kantstolper med refleks og retningsmarkeringer i kurver) gir signifikante bidrag til økt trafikksikkerhet. Dette kan best forklares med en bedret visuell føring. En annen, nyere undersøkelse der resultatene peker i samme retning, er Vägverkets forsøk med kantstolper og reflekser på brøytestikker (Statens Vägverk, 1976 og 1979-02)

VTI har startet et prosjekt i 1979, som skal utprøve en metode for måling av visuell føring ved hjelp av fullskala forsøk med kjøring av forsøkspersoner på bestemte, utvalgte vegstrekninger, og dessuten laboratorieforsøk ved hjelp av en simulert veg (Helmers, 1978).

4.1.4 Behov og retningslinjer for videre undersøkelser

Det framgår av diskusjonen foran at vegens visuelle føring bestemmes av et stort antall faktorer i samvirkning. En del av disse parametrene er kjente og målbare. For studier av aspekter ved visuell føring kan brukes modellforsøk og feltforsøk (fullskalaforsøk). Ved feltforsøk er problemet at de fleste parametrene er ikke-kontrollerbare, dvs. en kan ikke variere eller eliminere enkeltparametrene etter behov. For å avklare den enkelte parameters bidrag til visuell føring og samspeilet mellom enkelte parametre, vil det være nødvendig å utføre modellforsøk, f.eks. i en kjøresimulator med et datamaskinstyrt dynamisk vegbilde. I simulatoren kan forsøket legges opp slik at enkeltparametre kan isoleres og studeres uten forstyrrende innvirkning av andre forhold. Simulatorforsøkene kan f.eks. gi svar på hvordan det kontrastmønsteret som dannes i førerens synsfelt ved hjelp av vegmarkeringer, vegkantreflektorer o.l., påvirker trafikantens opplevelse av vegens videre forløp. Resultatene kan siden kontrolleres med feltforsøk der en best mulig gjentar betingelsene fra simulatorforsøket.

Dersom modellforsøkene skal kunne bli representative, er det imidlertid nødvendig at en kjenner noe til parametrenes virkelige variasjonsområde, og det kan enklest avklares ved fullskalaforsøk. På denne bakgrunn er det altså viktig at fullskalaforsøk og modellforsøk utføres parallellt.

Feltforsøk er også nødvendige for å kunne studere effekten av tiltak som er ment å skulle forbedre visuell føring, og som er framkommet som resultat av modellforsøkene.

4.2 Synbarheten hos hinder, som befinner sig på eller invid körbanan

4.2.1 Inledning

Förutom att hålla fordonet på vägen är förarens primära uppgift att undvika att kollidera med de hinder som kan uppträda på körbanan. (Se olycksöversikten, kapitel 2). En förutsättning för det senare är att han kan upptäcka och identifiera dessa hinder på så långt avstånd att han kan utföra erforderliga manövrer.

Under dagsljus och god sikt är huvudvillkoret för hinderupptäckt avsaknad av fysiska sikthinder inom det avstånd som föraren avsöker med syfte att inhämta denna information. I mörkertrafik däremot är villkoret för upptäckt av hinder huvudsakligen en fråga om huruvida hindrets stimulusstyrka, som är en kombination av hindrets luminans, kontrast, storlek och rörelse etc överstiger synsinnets känslighetströskel. Trafikanten har ej längre full kontroll över situationen, då siktsträckan till ett hinder vid upptäckt är kortare än stoppsträckan (dvs den sträcka som erfordras för att stanna fordonet). I dessa fall beror det till stor del på hindrets läge och eventuella rörelse samt på trafiksituationen i övrigt om en olycka skall kunna undvikas.

För att i så hög utsträckning som möjligt kunna handla korrekt vid passagen av ett hinder måste hindret också identifieras. Identifiering sker efter det att hindret upptäckts och utgör en svårare uppgift för föraren. Efter identifiering av hindret gör föraren en prediktion av hindrets läge eller beteende vid passagen. Denna prediktion äger olika subjektiv säkerhet mot bakgrund av förarens erfarenhet av liknande situationer eller förarens kunskap om hindrets egenskaper. Ett barns eller ett djurs beteende har t ex låg predicerbarhet jämfört med vuxna fotgängares. Förutsägelsen att en sten,

som ligger på vägen ej kommer att förändra läge innan man passerar den äger knappast någon osäkerhet alls. Ju säkrare prediktionen är, ju mindre marginal behöver föraren ha.

Förarens prediktion av hur t ex en fotgängare kommer att bete sig vilar ej enbart på upptäckt och identifiering av fotgängaren och dennes rörelseriktning. Ögonrörelsestudier visar, att föraren tenderar att rikta blicken mot fotgängarens huvud. Den information, som förmedlas genom ögonkontakt eller genom fotgängarens huvud- och ögonrörelser jämte ansiktsuttryck och rörelsemönster i övrigt torde ha en avgörande betydelse för förarens prediktion av fotgängarens beteende.

Vid framförandet av fordonet avsöker föraren synfältet för att upptäcka hinder, händelser och övriga förhållanden som han måste ta hänsyn till. Varje ögonfixering tar viss tid i anspråk. Upptäckt av ett hinder som befinner sig strax över ögats upptäcktströskel torde kunna fördröjas av att föraren tittar åt annat håll. En annan sannolik orsak till fördröjd upptäckt är att föraren ej förväntar sig att en viss händelse skall inträffa (p g a att sannolikheten för händelsen är låg). En tredje orsak till fördröjd upptäckt torde inträffa vid utförandet av komplexa bedömningar då avsökningsbeteendet för upptäckt av nya händelser i synfältet i hög utsträckning upphör. En fjärde orsak till fördröjd upptäckt torde vara att olika luminansmönster hos bakgrunden kan maskera hindret.

I detta avsnitt behandlas upptäckt och identifikation av hinder medan bedömning av avstånd, rörelse och hastighet behandlas i avsnitt 4.3.

4.2.2 Parametrar som påverkar hinders synbarhet

4.2.2.1 Hinder och bakgrund

Vid mörkertrafik bildar hindret och dess bakgrund ett komplicerat kontrastmönster. Förutom hindrets och bakgrundens reflexionsegenskaper och utformning bestäms detta mönster av ljuskällornas lägen och observatörens position.

I bilbelysning belyses hindret av två strålkastare, som är monterade på ett visst horisontellt avstånd från varandra. Bilförarens ögonposition befinner sig ur hindrets synvinkel i området mellan strålkastarna och vanligtvis på ungefär dubbla strålkastarhöjden. Detta innebär att ett hinder på vägbanan belyses av båda strålkastarna medan hindret skuggar delar av bakgrunden. Den bakgrund, mot vilken hindret ses, ligger då i full belysning eller i halvskugga. I många situationer ligger också en liten del av bakgrunden i fullständig skugga. (Se figur B.4). Om man väljer hindrets luminansfaktor så att dess kontrast mot den fullt belysta vägbanan blir så liten som möjligt, är det lättare att se de skuggor som hindret kastar på vägbanan än att upptäcka själva hindret.

Det enklaste plana hinder med homogen luminans skapar på detta sätt ett komplext stimulusmönster. När fordonet rör sig i riktning mot hindret sker dessutom en kontinuerlig förändring av detta mönster, dess läge i förarens synfält jämte dess utseende, storlek och dess luminansnivåer.

I rapport nr 12 från Rådet för Trafiksikkerhetsforskning presenteras en matematisk modell för prediktion av siktsträckor till hinder på vägbanan i fordonsbelysning. Modellen simulerar en belysningssituation vid vilken hindret belyses av endast en strålkastare och betraktas från en punkt rakt ovanför denna. I denna belysningssituation, som liknar motorcykelförarens, skapas ej de

halvskuggor utefter hindrets sidor som bilföraren kan se då hindret belyses av bilens båda strålkastare.

Modellen har testats i en serie fältförsök (Helmers et al 1980). Resultaten visar att modellen överdriver samspelseffekterna mellan hindrets luminansfaktor och vägbanans retroreflexion vid prediktion av en bilförares siktsträckor.

Halvskuggorna utefter hindrets sidor skapar en viss minimikontrast hos stimulusmönstret, dvs mellan hinder och bakgrund samt mellan de delar av bakgrunden, som ej belyses eller som belyses av en respektive två strålkastare. Genom att låta modellen simulera de verkliga belysningsförhållanden som råder vid bilbelysning skulle dess predicerade siktsträckor av allt att döma bättre överensstämma med de empiriskt erhållna.

Hinder kan variera inte bara i storlek och form utan också i reflexionsegenskaper mellan dess olika delar (dvs reflektans, färg samt andelen diffus och speglande reflexion). Av detta följer att förekommande hinder utgör komplexa och unika stimulusmönster även utan beaktande av bakgrunden.

Ett tygklätt cylindriskt hinder med en viss konstant luminansfaktor erhåller sin högsta luminans i det område där ljuset infaller utefter hinderytans normal. Luminansen avtar när denna infallsvinkel ökar. Detta är en konsekvens av att hindrets yta aldrig är fullständigt diffust reflekterande. Av detta följer att kontrasten mellan sidorna och bakgrunden hos ett stående cylindriskt hinder är mindre än motsvarande kontraster hos ett plant (t ex lådformigt) hinder. Den största skillnaden i kontrast kan förväntas föreligga när belysningen av det plana hindret infaller utefter hinderytans normal.

Vid fältförsök har siktsträckan i halvljus uppmätts till tre hinder av olika form men vars synvinkelmässiga eller på näthinnan projicerade storlek hållits (approximativt) konstant. Hindren var klädda i ett diffust reflekterande grått tyg, som hade luminansfaktorn 0,07. Det första hindret har utgjorts av ett stapelbart, plant och kvadratisk hinder med 0,4 m sida. Detta hinder, som utgjort ett "standardhinder" vid siktsträckeundersökningar i Sverige, har först jämförts med ett stående cylindriskt hinder med diametern och höjden 0,4 m. Siktsträckan för det plana hindret var 66,8 m och för det cylindriska 62,3 m. Skillnaden i siktsträcka är signifikant ($p < 1\%$).

Försök har visat att siktsträckan i halvljus till mörka hinder (reflektans 7%) på vägbanan praktiskt taget är oberoende av om 0,4 m breda, plana hinder varit 0,4 m eller 1,0 m höga (Helmers & Rumar 1973). Detta resultat kan tolkas så att stimulus för upptäckt av mörka hinder i halvljus utgörs av den starkt belysta nedre delen av hindret och dess bakgrund. Hindrets övre del ligger vid upptäckt då ovanför halvljusets ljus-mörkergräns och saknar i det närmaste betydelse för siktsträckans längd.

I ett senare experiment jämfördes det cylindriska hindret med ännu ett hinder av (approximativt) identisk projicerad storlek. Detta hinder bestod av en 0,24 m hög cylinder med diametern 0,4 m som i sin övre del övergick i ett halvklot med radien 0,2 m.

De här jämförda hindren var identiska upp till en höjd av 0,24 m. För det enkla cylindriska hindret var siktsträckans medelvärde 80,6 m medan motsvarande värde var 80,4 för det mer komplexa hindret (cylinder med halvklot). Varje värde är ett medelvärde av 72 mätvärden. Skillnaden i siktsträcka är ej signifikant.

4.2.2.2 Hinderstorlek

Stimulusstyrkan hos ett hinder med homogen luminans växer när dess projicerade storlek ökar (Riccos lag). I laboratorieförsök har denna effekt uppmätts för objekt upp till en synvinkelmässig storlek av över 1° (Woodworth & Schlosberg, sid 375, 1962). Vid en simulerad mörkerkörningssituation i full skala har starka effekter erhållits för hinder betraktade från ett avstånd av 80 m och som varierat i storlek från $0,2 \times 0,2$ m till $0,8 \times 0,8$ m (dvs i området $0,14^\circ - 0,57^\circ$) (Helmers, Rumar och Ytterbom 1977).

4.2.2.3 Hindrets ljushet

Med få undantag är vägbanan som bakgrund mörkare än hindret. I detta fall ökar hindrets kontrast mot bakgrunden och därmed också dess synbarhet då hindrets luminansfaktor växer. Endast vid kombinationen mycket mörka hinder och mycket ljusa körbanor kan en försämring av synbarheten hos hinder äga rum då hindrets luminansfaktor ökar från svart till mörkgrått (Lysteknisk Laboratorium, Rapport nr 9 ; Helmers et al 1980).

4.2.2.4 Adaptationsluminans

Ögats kontrastkänslighet avtar snabbt när bakgrunds- eller adaptationsluminansen sjunker från dagsljus till mörkertrafiknivå (Blackwell, 1946). Detta innebär bl a att kontrasten mellan hinder och bakgrund måste öka då bakgrundsluminansen avtar för att hindrets synbarhet skall vara oförändrad. Vid sjunkande luminansnivå försämras dessutom synskärpan. Detta innebär att egenskaper hos hinder blir allt svårare att upptäcka eller identifiera ju mörkare det är (Richards, 1967).

4.2.2.5 Bländning

En kritisk parameter vid mörkertrafik är bländning. Bländning försämrar synbarheten hos eller försvårar upptäckten av hinder. Orsaken till detta är att bländningen utjämnar kontrasterna hos näthinne-bilden.

Bländning uppstår när ljuset från en ljuskälla faller in mot ögat. Teorin säger att detta ljus inte bryts perfekt i ögats lins och glaskropp utan en korona av ljus bildas omkring den projicerade bilden på retina av ljuskällan (Vos, 1962). Koronans luminans är i varje punkt direkt proportionell mot det från ljuskällan infallande ljusets styrka och i stort sett omvänt proportionell mot kvadraten på avståndet till bilden av ljuskällan (Rådet for Trafiksikkerhetsforskning, rapport nr 12).

När ett objekt som befinner sig på ett visst synvinkelavstånd från en bländande ljuskälla fixeras, kan koronans luminans i fixeringspunkten, den s k ströjlusluminansen (L_v) beräknas med hjälp av följande empiriskt härledda formel:

$$L_v = \frac{k \cdot E_{bl}}{\theta^2} ;$$

där L_v = ströjlusluminansen (cd/m^2)
 E_{bl} = bländkällans belysningsstyrka vid ögat (lux)
 θ = synvinkeln (grader) mellan bländkälla och objekt och
 k = en (åldersberoende) konstant

Styrkan hos ströjlusluminansen bestäms således av ljuskällans styrka och läge i förhållande till synuppgiften. Bländningens styrka kan uttryckas som storleken av den kontrastreduktion mellan objekt och bakgrund som ströjlusluminansen orsakar. Kontrasten (C) mellan objekt och bakgrund beräknas enligt formeln:

$$C = \frac{L_{obj} - L_b}{L_b}$$

där C = kontrast
 L_{obj} = objektluminansen

L_b = bakgrundsluminansen

För beräkning av kontrasten vid bländning skall ströljusluminansen (L_v) adderas både till objekts- och bakgrundsluminansen varvid formeln får följande utseende:

$$C_1 = \frac{L_{obj} - L_b}{L_b + L_v} ;$$

Storleken av kontrastreduktionen ($C - C_1$) är starkt beroende av bakgrundsluminansens storlek (L_b). Under dagsljusförhållanden antar bakgrundsluminansen (L_b) höga värden i förhållande till ströljusluminansen från t ex en strålkastare. Detta innebär att kontrasten mellan objekt och bakgrund i ringa utsträckning påverkas av ströljusluminansen. Försämring av synbarheten är i dessa fall ofta försumbar.

Under mörkertrafikförhållanden däremot antar bakgrundsluminansen ofta värden av samma storleksordning som ströljusluminansen från strålkastaren. Detta innebär att ströljusluminansen orsakar stora kontrastreduktioner på retina vilket medför en stark försämring av synbarheten hos objekt i synfältet.

Sammanfattningsvis kan sägas att när adaptations- eller bakgrundsluminansen sjunker så avtar ögats kontrastkänslighet samtidigt som ströljusluminansen från en ljuskälla i allt större utsträckning utjämnar kontrasten på retina mellan objekt och bakgrund.

Framställningen ovan är ett försök att beskriva förarens synuppgift och visuella miljö på fordonsbelyst väg under mörker. För en mera generell beskrivning av hur visuella prestationer varierar med dels belysningsförhållanden och dels med

förhållanden hos hinder och bakgrund hänvisas till CIE Rapport nr 19 (1972).

4.2.3 Mätning av synbarhet

4.2.3.1 Klassiska psykofysiska metoder

De klassiska psykofysiska metoderna syftar till att bestämma ett sinnes känslighet med avseende på t ex upptäckt av stimulus (A) (absolut tröskel) eller särskillnad mellan stimuli ($A_1 \neq A_2$) (särskillnadströskel). Dessa tröskelvärden definieras i sannolikhetsstermer och utgör den stimulusstyrka, som resulterar i 50% korrekta svar efter korrektion för gissning. Vid tröskelbestämning väljer man då stimuli i ett osäkerhetsområde inom vilket tröskelvärdet förväntas ligga. Fördelen med dessa metoder är att man definierat vad man mäter på ett entydigt sätt.

Vid mätning av synbarhet hos objekt i trafikmiljö är man endast indirekt intresserad av tröskelbestämningar eftersom en 50%-ig upptäcktssannolikhet av t ex ett hinder på vägbanan ej är meningsfull från säkerhetssynpunkt. Däremot är man i stort behov av att kunna kvantifiera hur väl man ser relevanta objekt. Detta kan uttryckas så, att man vill kunna kvantifiera ett synligt objekts stimulusstyrka i förhållande till en väldefinierad förankringspunkt.

En annan möjlighet är att relatera ett objekt just över upptäcktströskeln till en fysikalisk storhet som t ex siktsträcka.

4.2.3.2 Direkta skalmetoder

Förutom de klassiska psykofysiska metoderna för tröskelbestämning har ett antal "direkta skalmetoder" utvecklats. Dessa bygger på att man har ett standardstimulus (S_s) av viss styrka som förankringspunkt. Man låter försökspersonen antingen ställa in ett variabelt stimulus (S_v) så att det

upplevs vara t ex dubbelt så starkt som S_s eller att man åsätter standardstimulus en upplevelsestyrka t ex 10 och att man sedan låter försökspersonen ange upplevelsestyrkan hos S_v genom att ange ett tal, som i förhållande till talet 10 korrekt avspeglar upplevelsens styrka. Anges talet 5 innebär detta att S_v upplevs vara hälften så stark som S_s osv.

Den främsta nackdelen med dessa metoder vid användning för utvärdering av visuella egenskaper hos trafikmiljön är att stimulus upplevelsestyrka till stor del är en funktion av den omgivande trafikmiljön, dess reflexionsegenskaper och belysningsförhållanden. Ett standardhinder utgör därför endast en väldefinierad förankringspunkt tillsammans med en viss trafikmiljö som bakgrund. Man kan därför endast med dessa metoder mäta olika hinders relativa synbarhet mot en och samma bakgrund. Däremot kan man inte mäta synbarheten hos hinder i olika trafikmiljöer och erhålla jämförbara mätvärden, vilket är nödvändigt för att på ett insiktsfullt sätt kunna dimensionera den visuella miljön.

4.2.3.3 Visibility level (VL)

En annan metod syftar till att kvantifiera upplevelsestyrkan hos ett väl synligt objekt genom att sätta objektets stimulusstyrka i relation till stimulusstyrkan då objektet nätt och jämnt är synligt dvs till tröskelvärdet (CIE Rapport 19, 1972). Denna relation benämns objektets "synbarhetsnivå" eller "visibility level" (VL) och kan tecknas:

$$VL = \frac{C_{obs}}{C_{tröskel}} ;$$

där C_{obs} utgör objektets observerade kontrast;

$C_{tröskel}$ utgör objektets kontrast vid synbarhetströskeln

Att kunna mäta VL för objekt vid t ex olika vägbelysningsanläggningar skulle ge underlag för utvärdering av dessa. Även i fordonsbelysning skulle VL kunna utgöra ett användbart mått på hinders synbarhet vid vissa situationer i helljus såväl som i halvljus.

4.2.3.4 Eastman Visibility Meter (EVM)

Eastman Visibility Meter (EVM) är ett instrument, som utvecklats med syfte att kvantifiera synbarheten (VL) hos objekt. Försökspersonens uppgift är att betrakta det objektet som studeras genom instrumentet och med en speciell anordning ställa in objektets kontrast mot bakgrunden så att det nätt och jämnt är synbart. Storleken av denna kontrastreduktion utgör ett uttryck för objektets synbarhet, dvs hur långt över tröskelvärdet objektets stimulusstyrka ligger.

Kontrastreduktionen sker genom att man betraktar objektet genom en variabelt genomskinlig spegel. Den ljusförlust som då uppkommer kompenseras man genom att spegla in antingen objektets bakgrundsluminans eller en subjektivt vald bakgrundsluminans via spegeln. I de fall bakgrundsluminansen är homogen (dvs approximativt konstant inom en viss rymdvinkel med synobjektet i centrum) torde förutsättningarna vara goda för reliabla och meningsfulla mätningar. Denna förutsättning torde ofta kunna föreligga vid utvärdering av objektets synbarhet vid kontorsbetonade arbetsuppgifter. Det mest typiska för bakgrundsluminansen i realistiska mörkertrafikmiljöer är dess starka variation och dess snabba luminansgradienter. Förutsättningarna för meningsfulla (reliabla och valida) EMV-mätningar måste därför med nuvarande utförande hos instrumentet betraktas som dåliga.

4.2.3.5 Visual task analyzer

Economopoulos (1978) har beräknat ett hinders synbarhet eller visibility level (VL) vid upptäckt i vägbelysning genom att dels beräkna objektets upptäcktskontrast (C_{obs}) och dels mäta upp tröskelkontrasten ($C_{\text{tröskel}}$) hos ett objekt i samma position på vägbanan. Objektets synbarhet eller visibility level (VL) vid upptäckt erhålls ur ovan angivna formel

$$VL = \frac{C_{\text{obs}}}{C_{\text{tröskel}}} .$$

Tröskelkontrasten mättes upp med hjälp av en "visual task analyzer" som bestod av ett objekt vars luminans kunde förändras i små steg. Tröskelkontrasten beräknas genom formeln:

$$C_{\text{tröskel}} = \frac{\frac{L_2 - L_1}{2}}{L_r}$$

där L_1 och L_2 utgör objektets tröskelluminans, dvs den luminans objektet har just då det ej längre kan ses. Kontrasten mot bakgrunden kan då vara både positiv (L_2) och negativ (L_1)

L_r utgör bakgrundsluminansen

En av svårigheterna vid detta förfarande är att hindrets kontrast mot bakgrunden varierar beroende på bakgrundens luminansvariationer. Hur skall hindrets kontraster definieras (C_{obs} och $C_{\text{tröskel}}$) i dessa fall? Svårigheter uppstår också att korrekt fastställa tröskelluminanserna L_1 och L_2 genom att olika delar av hindret torde vara synbara då hindret nätt och jämnt är synligt vid positiv respektive negativ kontrast. Författaren har dock ej diskuterat dessa och andra metodiska problem.

Författaren sammanfattar sina resultat så att siktsträcka till hinder vid upptäckt är ett reliabelt

mått i motsats till det mått på "visibility level" som vid upptäckt (operationellt) definieras av "the visual task analyzer".

4.2.3.6 Siktsträcka till hinder vid upptäckt

Vid mätning av hinders synbarhet i fordonsbelysning har siktsträckan (m) till hindret vid upptäckt utgjort det mått som så gott som uteslutande använts. En fördel med detta beroendemått är att man för varje fordons hastighet direkt kan fastställa en minsta säkra siktsträcka mot bakgrund av antaganden om förarens sannolika reaktionstid och fordonets retardationsegenskaper vid bromsning. För att fordonsbelysningen skall uppfylla säkerhetskravet skall då den uppmätta siktsträckan vara större än stoppsträckan. Nackdelen med siktsträcka som mått på hinders synbarhet är samtidigt att man ej kan kvantifiera hur väl man ser hindret när det väl har upptäckts dvs på avstånd kortare än siktsträckan.

Halvljusets ljusfördelning innebär bl a att stimulusstyrkan hos ett mörkt hinder på vägbanan växer mycket snabbt från ej synligt till väl synligt när man närmar sig i normal hastighet. Detta kan antas vara en bidragande orsak till att upptäcktssiktsträckan till ett hinder på vägbanan i halvljus generellt visat sig utgöra en mätning med god reliabilitet.

Vid mätning av siktsträcka i helljus utan möte är förarens situation något annorlunda. Hindrets stimulusstyrka växer då långsammare. Detta innebär att föraren kan skönja hindret under en viss tid innan han är säker på att han ser hindret och skulle indikera upptäckt. En förutsättning för att utföra reliabla mätningar i denna senare situation är att varje försöksperson tillägnar sig ett individuellt men stabilt upptäcktskriterium.

De resultat som erhållits vid mätning av siktsträckor i helljus har dock visat att några svårigheter att utföra reliabla mätningar ej heller föreligger i denna situation.

4.2.3.7 Reaktionstid

En annan möjlighet att vid sidan av "visibility level" kvantifiera synbarheten hos ett hinder utgörs av mätning av reaktionstiden (RT) för upptäckt av ett synobjekt (Woodworth & Schlosberg 1962, sid 19 - 27, sid 261 - 265). RT varierar med synobjektets styrka på så sätt att RT är lång då styrkan ligger strax över tröskelvärdet (i_0) och att RT sedan blir allt kortare vid stigande stimulusstyrka (i). Vid mycket starka stimuli närmar sig RT en asymptot - "the irreducible minimum" (RT_{min}). Den del av RT som återstår när "the irreducible minimum" har frånräknats kallas "the reducible margin" (RT_y).

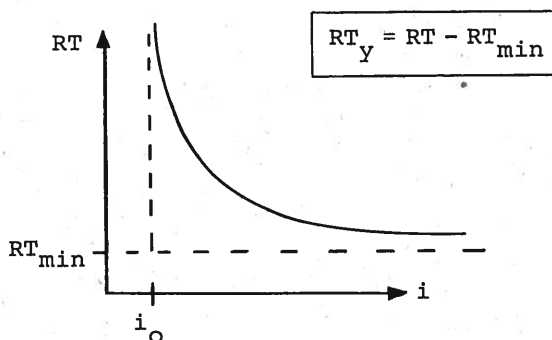


Fig. 4.1 Reaktionstid (RT) som funktion av stimulusstyrka (i). RT utgör summan av "the irreducible minimum" (RT_{min}) och "the reducible margin" (RT_y). RT_y ökar då stimulusstyrkan minskar. Stimulus tröskelvärdet (i_0).

Reaction time (RT) as a function of stimulus strength (i). RT is the sum of "the irreducible minimum" (RT_{min}) and "the reducible margin" (RT_y). RT_y increases with decreasing stimulus strength. Stimulus' threshold value (i_0).

Relationen mellan "the reducible margin" (RT_y) och stimulusstyrkan för objektet i förhållande till stimulusstyrkan vid tröskelvärdet (i/i_0) har vid välkontrollerade experiment visat sig kunna vara linjär (efter logaritmiska transformationer). Skulle relationen även vara linjär för hinder i mörkertrafik skulle "the reducible margin" (RT_y) för ett stimulus (hinder) direkt utgöra ett mått på intervallskalenivå på dess styrka i förhållande till upptäcktströskeln.

Eftersom stimulusstyrkan hos hinder i mörkertrafik samtidigt varierar i ett antal variabler (storlek, luminans, kontrast etc) är en entydig fysikalisk bestämning av stimulusstyrkan i och i_0 omöjlig att göra. Relationen mellan RT_y och i/i_0 kan därför endast fastställas under välkontrollerade stimulusbetingelser, dvs genom att variera en fysikalisk variabel åt gången vid laboratorieförsök.

Å andra sidan torde ett mått på RT_y på rangskalenivå vara av tillräcklig precision för de behov som i första hand föreligger dvs att kunna rangordna olika objekts synbarhet för att kunna göra jämförelser mellan olika trafikmiljöer. Den exakta relationen mellan RT_y och i/i_0 behöver i det senare fallet ej fastställas.

Gemensamt för de metoder för mätning av synbarhet hos hinder på vägbanan som redovisats ovan är att själva synobjektet ej varierar. Förarens uppgift innefattar ej endast upptäckt av varje hinder på vägbanan utan också identifikation av hindret för att korrekt kunna vidta erforderliga åtgärder. Detta kan motivera användningen av synskärpeuppgifter eftersom synskärpan kan antas vara en viktig oberoende variabel vid identifikation av objekt.

Vägmiljöns visuella betingelser skulle i enlighet härmed också kunna kvantifieras genom att använda hinder eller synobjekt med en känd och systematisk variation i svårighetsgrad. I de fall mätningar utförs under välkontrollerade betingelser med samma försökspersonsgrupp vid olika belysningsförhållanden torde resultaten vara jämförbara och på så vis kunna ligga till grund för utvärdering av olika belysningsförhållanden.

4.2.4 Nuvarande kunskap angående hinders synbarhet i fordonsbelysning-----

- 4.2.4.1 Siktsträcka som mått och säkerhetskriterium
Som tidigare nämnts har siktsträcka så gott som uteslutande använts som mått på hinders synbarhet i fordonsbelysning. För att kunna avgöra om siktsträckan till ett hinder är tillfredsställande från säkerhetssynpunkt måste den vara större än fordonets stoppsträcka. Det ligger här nära till hands att använda de stoppsträckor som NVF rekommenderat (se avsnitt 3.7) som kriterium på trafiksäkra siktsträckor till hinder på vägen enligt nedanstående:

Fordonshastighet (km/h)	Kortaste säkra siktsträcka (m) = stoppsträcka
50	55
70	90
90	140
110	205

4.2.4.2 Helljussiktsträckor utan fordonsmöte

Helljussiktsträckor på plan rak väg till ett mörkt hinder (reflektans 4,5%) 1,0 m högt och 0,4 m brett överstiger 220 m då ljusstyrkan hos helljuset varit $\geq 87\ 000$ cd. Detta värde motsvarar ett konventionellt helljus i gott skick. Säkerhetskriteriet är uppfyllt för hastigheter upp till 110 km/h.

Motsvarande helljussiktsträcka för ett helljus i dåligt skick med ljusstyrkan 29 000 cd är ca 160 m

vilket uppfyller säkerhetskriteriet för detta hinder vid 90 km/h (Helmers & Rumar 1975).

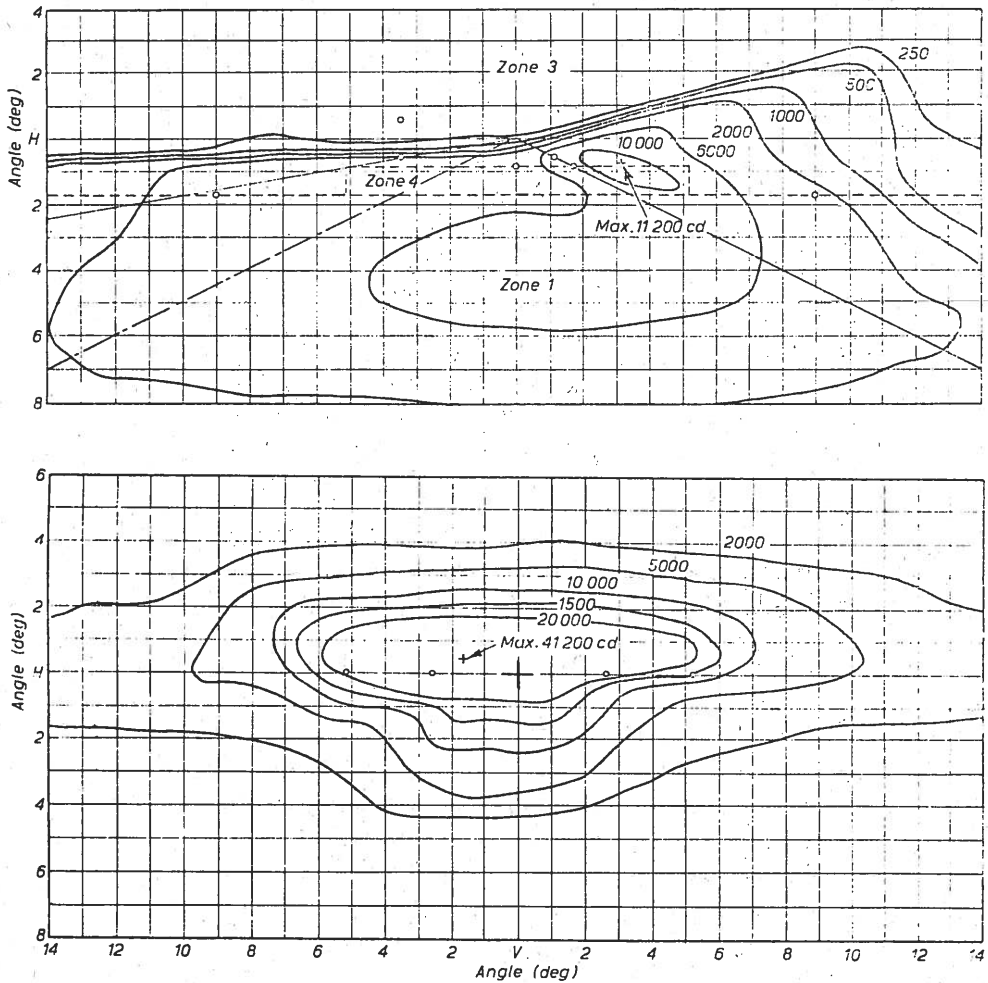
Helljussiktsträckan varierar också starkt dels med hindrets reflektans (Rumar 1974) och dels med hindrets storlek varför det finns olika kombinationer av helljusintensitet, hinderstorlek, hinderreflektans, vägbanans retroreflexion etc, för vilka säkerhetskriteriet ej uppnås.

Helljusets ljusstyrka avtar i hög utsträckning med växande vinkel till strålkastarens belysningsaxel (se figur 4.2). I de fall vägen ej är rak och plan belyses vägen och eventuella hinder på vägen av en svagare ljuskälla. I ett svenskt försök har helljussiktsträckan på rak, plan väg uppmätts till drygt 300 m samtidigt som motsvarande siktsträckor i en skarp vänster- och högerkurva understigit 100 m (Rumar et al 1973).

Sammanfattningsvis kan sägas att man i mycket liten utsträckning studerat hur siktsträckan till hinder på vägen påverkas av samspelet mellan helljusets ljusfördelning och vägens linjeföring. En förutsättning för att kunna studera detta problem systematiskt är att man har tillgång till en god matematisk modell för prediktion av siktsträcka.

4.2.4.3 Siktsträckor vid möte på helljus jämfört med halvljus

Helmers & Rumar (1975) har studerat siktsträckan till hinder på vägbanan vid möte mellan två fordon i både helljus och halvljus. På så sätt har underlag erhållits för att kunna rekommendera ett med hänsyn till siktsträckan optimalt avbländningsavstånd. Resultaten visar hur viktigt det är att de mötande fordonen har ungefär lika starka helljus. I sådana fall är siktsträckan ganska oberoende av ljusstyrkan i intervallet 50 000 - 500 000 cd



Figur 4.2

Isocandela diagram för en 7" H₄ strålkastare vid 12 V spänning. Halvljus överst och helljus underst.

Isocandela diagrams for a 7" H₄ headlight, voltage 12 V. Dipped headlight above and full headlight below.

varvid helljussiktsträckan understiger halvljussiktsträckan när avståndet mellan fordonen är mindre än 250 - 400 m. I de fall man möter ett helljus som är 2 - 3 gånger så starkt som det egna fordonets förlängs detta avstånd till 500 - 600 m.

Storleken i variationen hos helljusets ljusstyrka i fordonspopulationen är okänd men kan antas variera inom mycket vida gränser. Resultaten i den refererade undersökningen visar på önskvärdheten av att ljusstyrkevariationen hos helljuset kraftigt begränsas. Den under gränsen för ljusstyrkan i maxpunkten för en helljusstrålkastare är i Sverige 10 000 cd. Två sådana strålkastare ger en sammanlagd minimiljusstyrka av 20 000 cd. Någon övre ljusstyrkegräns existerar inte ännu men man överväger att ansluta sig till ett ECE-reglemente, som begränsar helljusets styrka till 225 000 cd.

4.2.4.4 Siktsträckor vid möte på halvljus

Halvljussiktsträckorna till ett hinder på vägbanan varierar bl a med hindrets kontrast mot bakgrunden dvs med hindrets reflektans och vägbanans retroreflexion (Lystekniskt Laboratorium, rapport nr 9, Helmers et al 1980). När vägbanans retroreflexion ökar minskar hinderreflektansens betydelse för siktsträckan på så sätt att skillnaden i siktsträcka mellan ljusa och mörka hinder avtar. Ett svart hinder syns bättre ju ljusare vägbanan är medan mellangrå och ljusare hinder (reflektans > 7%) syns bättre ju mörkare vägbanan är.

Effekten på siktsträckan av vägbanans retroreflexion avtar när graden av bländning ökar t ex genom minskade avstånd mellan två fordon i en mötessituation.

Siktsträckan till hinder vid möte på obelyst väg under mörker varierar i intervallet 30 - 90 m för

svarta till ljusgrå hinder (dvs hinder i reflek-
tansintervallet 1 - 20%). Dessa värden gäller för
i övrigt ideala förhållanden dvs nya och korrekt
inställda strålkastare, unga förare med normal
syn, rena vindrutor och strålkastare samt torr, rak
och plan väg. Den trafiksäkra hastigheten på obe-
lyst väg vid möte skulle då ligga under 40 km/h.

Fotgängerreflexer ökar siktsträckan avsevärt och
utjämnar skillnaden mellan hinder av olika ljus-
het. Rumar (1976) har visat att siktsträckan vari-
erar med retroreflexens storlek och retroreflexions-
förmåga men också med dess rörelse (t ex stilla-
stående, svängning och rotation). En fotgänger-
reflex med ytan 20 cm^2 och med retroreflexionen
 $15 \text{ mcd/m}^2/\text{lux}$ ger en siktsträcka (enligt Rumar
1976) som överstiger 150 m. Detta innebär att 90
km/h skulle utgöra en säker hastighet för upptäckt
av reflexförsedda hinder på vägbanan.

4.2.4.5 Försök att förlänga siktsträckorna vid möte
Otillräckliga siktsträckor vid möte mellan fordon
på obelyst väg har utgjort ett uppmärksammat tra-
fiksäkerhetsproblem sedan lång tid tillbaka. Som
exempel kan nämnas att man föreslog ett polari-
serat mötesljus för att komma tillrätta med bländ-
ningsproblemet redan på 1920-talet. År 1965 mätte
Johansson & Rumar siktsträckan hos 413 förare i
egna bilar till ett cylindriskt hinder (storlek
 $1,0 \times 0,3 \text{ m}$; reflektans 4%) på vägbanan vid halv-
ljusmöte. Resultatet kan sammanfattas i en sikt-
sträckefördelning med medianvärde 23 m och 90:e
percentilen 15 m. Författarnas slutsats är att
säker möteshastighet ligger i intervallet 25 - 50
km/h (Johansson & Rumar 1968).

4.2.4.6 Förändringar hos strålkastarna

Under de senaste 20 åren har strålkastarna utveck-
lats och förbättrats på en rad punkter utan att

problemen har kunnat avhjälpas.

Strålkastarna har bl a givits en asymmetrisk ljusfördelning för att öka belysningen efter höger vägkant. Strålkastarens ljusutbyte har dessutom fördubblats med införandet av halogenlampan varefter man har haft en strävan att lägga så mycket ljus som möjligt alldeles under ljus-mörkergränsen.

Dessa förändringar av halvljuset har ökat risken för bländning bl a vid kurvor och krön samt vid möte av fordon med för högt ställda strålkastare.

Både i USA och i Europa har man diskuterat införandet av ett mera extremt s k motorvägshalvljus att användas på vägar med dubbla körbanor och med god geometri.

Vid sidan av denna utveckling har man testat ett stort antal idéer utan att erhålla nämnvärda förbättringar.

Den enda strålkastartyp som för närvarande tycks kunna åstadkomma en avsevärd förlängning av mötes-siktsträckorna är det polariserade mötesljuset. Detta ljus fungerar i princip som ett helljus där bländningen förhindras med hjälp av ett polarisationsfilter på vindrutan eller i form av glasögon (Johansson & Rumar 1970).

Nackdelen med halvljuset som princip är att hinder som befinner sig på säkra upptäcktsavstånd vid normala fordons-hastigheter endast belyses av det svaga ljus som ligger ovanför ljus-mörkergränsen. Minskar man graden av nedvinkling hos halvljuset ökar man samtidigt belysningen av hindret och bländningen av mötande förare. Effekten på siktsträckan av en sådan förändring i fordonspopulationen är okänd. (Ett typiskt halvljus visas i figur 4.2).

Mot bakgrund av den ovan redovisade utvecklingen av halvljusstrålkastarna är det orealistiskt att förvänta sig avsevärt förlängda siktsträckor i framtiden som resultat av ytterligare förbättringar. För att erhålla från trafiksäkerhetssynpunkt acceptabla siktsträckor vid möte torde det vara nödvändigt att införa ett polariserat mötesljus.

4.2.4.7 Förändringar hos fordonet

De största förbättringarna av halvljussiktsträckorna torde i dag kunna göras genom förändringar hos själva fordonet. Den enklaste förändringen innebär att strålkastarna monteras på högre höjd över körbanan. En ökning av monteringshöjden av 20 cm innebär (approximativt) 20 m förlängning av siktsträckan. Detta bör jämföras med den ökning av siktsträckan med upp till 5 m som införandet av halogenljuset innebar (Rumar 1974).

För att i första hand begränsa förekomsten av fordon med felinställda strålkastare bör fordonen dessutom konstrueras så att strålkastarinställningen är konstant och oberoende av fordonets last.

4.2.5 Forskningsbehov

Vår kunskap angående siktsträckan till hinder i fordonsbelysning är omfattande. Detta gäller en stor del av de parametrar, som har betydelse för siktsträckan. Kunskapen om vissa parametrars betydelse för siktsträckan är dock starkt begränsad. Exempel på sådana parametrar är variationen i väder, variationen hos vägbanans speglade reflexion speciellt vid väta samt variationen i förmåga hos förarpopulationen att upptäcka hinder på vägbanan i fordonsbelysning.

De största förbättringarna vad gäller siktsträcka till hinder på vägbanan torde uppnås genom att

förse hindren med retroreflexer. Trots detta är systematiska undersökningar inom detta område fåtaliga. Vår kunskap är bristfällig om hur oskyddade trafikanter (t ex lekande barn, fotgängare och cyklister) bör vara utrustade för att i största möjliga utsträckning både kunna upptäckas och identifieras på betryggande avstånd. Retroreflexen bör utvecklas till att vara ett fungerande säkerhetssystem i detta avseende i stället för att utgöra ett alltför sällan och slumpvis förekommande hjälpmedel vars funktion dessutom ofta är bristfällig p g a att den är felorienterad, felplacerad, skyld, nedsmutsad, utsliten eller feltillverkad.

Dessutom är vår kunskap genomgående starkt begränsad när det gäller de förhållanden som råder i trafiken och hur de varierar. Som exempel kan nämnas graden av bländning vid möte, strålkastarnas ljusfördelning, ljusflöde och inställning, vägbans reflexionsegenskaper, hur dessa egenskaper varierar med väderleken osv. Ett undantag utgör fotgängarklädsel, som undersökts av Hansen & Larsen (1979).

För att korrekt kunna predicera effekten av olika åtgärder på förekommande siktsträckor i trafiken fordras att man har tillgång till en matematisk modell som tar hänsyn till de viktigaste parametrarna jämte den variation inom dessa som förekommer i trafiken (se projekt B.4). En god modell skulle skapa ett avsevärt förbättrat underlag för val av sådana åtgärder, som i förhållande till uppskattade kostnader ger de största förbättringarna.

Arbetet med en prediktionsmodell är naturligtvis av långsiktig karaktär. Hur långt modellen bör utvecklas i sina olika delar måste vara beroende av vilka åtgärdsalternativ som myndigheterna

Övervägar och som då blir aktuella att studera. Det ligger nära till hands att i ett första steg utveckla modellen så långt att den kan predicera vilka konsekvenser olika strålkastar- och fordonsförändringar får vid interaktion med förekommande väggeometrier och reflexionsegenskaper hos både vägbana och hinder. Detta arbete torde kunna utgöra en naturlig fortsättning på arbetet med de modeller för prediktion av siktsträcka, som redan föreligger (Rådet for Trafiksikkerhedsforskning, rapport nr 12; Helmers et al 1977).

Det bör här påpekas att simulering, fältmätningar och fältexperiment utgör nödvändiga moment i detta arbete och är en förutsättning för att kunna skapa en god modell för prediktion av siktsträcka.

Forskningsbehov har ovan endast behandlats vad gäller siktsträcka till hinder på vägbanan i fordonsbelysning. Som tidigare framgått utgör siktsträcka endast ett av flera möjliga mått på hinders synbarhet. Dessa övriga mätmetoder är ännu ej praktiskt användbara. Då det synes rimligt att antaga att dessa metoder i första hand kan lämpa sig för utvärdering av vägbelysning, har de här förbigåtts.

4.3 Bedömning av avstånd, rörelse och hastighet

4.3.1 Inledning

Människan äger den unika egenskapen att kunna förändra sin miljö och sina livsbetingelser. Jämför vi vår moderna livsmiljö med den förhistoriska människans är skillnaden enorm.

Förändringar i vår miljö kan ställa krav på prestationer hos oss, som ej varit relaterade till människans överlevnadsvärde i tidigare skeden. Under antagandet att våra prestationsegenskaper utvecklats i interaktion med våra förhistoriska livsbetingelser efter principen "survival of the fittest", kan de nya miljöer vi skapat åt oss innebära prestationskrav, som vi har dåliga förutsättningar att uppfylla.

Vår syn har i enlighet härmed utvecklats att vara funktionell i vår miljö sådan den såg ut för tiotusentals år sedan. Människan har specialiserat sig på att jaga och skaffa föda under dagsljusförhållanden samtidigt som hon då också haft de bästa möjligheterna att undvika faror av olika slag. Hon har på så sätt utvecklats till en varelse vars syn är anpassad till dagsljuset. Under natten har hon varit hänvisad till att söka skydd och att vila.

Synen är det sinne som människan är helt beroende av för sin orientering i omgivningen. Den ger henne en omedelbar upplevelse av det 3-dimensionella rummet omkring henne. I detta rum måste den förhistoriska människan bli upptäcka och identifiera såväl faror som villebråd. Hon måste bli kunna bedöma avståndet till vilda djur som utgör hot eller villebråd. Hon måste dessutom kunna bedöma dess rörelse och hastighet jämte sin egen rörelse i rummet för att framgångsrikt undvika faran eller fälla villebrådet.

Trots att skillnaden mellan vår moderna livsmiljö och den förhistoriska människans är enorm är de övergripande målen för våra handlingar desamma - att få våra behov tillfredsställda till minsta möjliga "kostnad". I trafiken riskerar vi inte att bli uppätta men faran lurar ständigt att skadas eller dödas i olyckor. I trafiken jagar vi heller inte vilda djur för att skaffa föda utan i stället tid för arbete och fritid.

Bilismen utgör ett exempel på att vår moderna tekniska miljö i hög utsträckning avviker från människans ursprungliga. Fordonstrafiken ställer också andra prestationskrav i flera olika avseenden. Bilföraruppgiften skall t ex inte bara kunna utföras i dagsljus utan också under dygnets mörka timmar. Belysningssituationen på vägar utan fast belysning är som framgått av avsnitt 4.2 ej dimensionerad för normal eller tillåten fordons hastighet. Även under dagsljusförhållanden ställer föraruppgiften krav som människan äger dåliga förutsättningar att uppfylla. Detta gäller bl a vid bedömning av hastighet hos motorfordon som befinner sig på långa avstånd i egen eller mötande körriktning (Björkman 1963, Norling 1963, Rumar & Berggrund 1973). Särskilt svåra förhållanden uppstår när dessa bedömningar skall utföras under mörkertrafikförhållanden (Janssen 1977). Vid bedömning av avstånd och hastighet hos medtrafikanterna torde själva vägrummet ha stor betydelse som referensram. Vid mörkertrafik på obelyst väg är denna referensram starkt försämrade (jämfört med dagsljusförhållanden).

Mot denna bakgrund är det naturligt att precisionen hos människans visuella bedömningar generellt försämras med avtagande ljusnivå.

4.3.2 Teoretisk bakgrund

Vår upplevelse av omgivningen är 3-dimensionell trots att retinabilden endast äger utsträckning i två dimensioner. Detta faktum har intresserat filosofer århundraden tillbaka och experimentalpsykologer sedan psykologins barndom.

Den förhärskande teorin har varit att vår förmåga att uppleva djup och avstånd beror på ett antal primära "cues". Tolkningen av dessa "cues" skulle sedan leda fram till en sekundär 3-dimensionell upplevelse av rummet omkring oss. Följande exempel på "cues" för 3-dimensionellt seende kan nämnas.

- ögats fokusering mot ett objekt på visst avstånd
- avståndet mellan ögonen ger en viss vinkel mellan synaxlarna som varierar med avståndet till det objekt som fixeras
- avståndet mellan ögonen resulterar i att objekt som ligger närmare eller bortom fixeringspunkten avbildas på ej motsvarande punkter på retina
- rörelseparallax som uppstår när man fixerar ett objekt och samtidigt rör sig. Då rör sig retinabilden av närmare liggande objekt i en riktning samtidigt som objekt på längre avstånd rör sig i motsatt riktning över retina
- den synvinkel ett objekt av känd storlek upptar
- närmare liggande objekt skymmer objekt på längre avstånd
- skuggor
- luftperspektiv, t ex dis på långa avstånd

I motsats till cueteorin hävdar Gibson (1950) att gradienter hos olika ytor i det 3-dimensionella rummet omkring oss utgör primära stimuli för vår upplevelse av djup och avstånd. Gibson kritiserar cueteorin, som genererat experiment, där man dolt golv, väggar och tak vid bedömning av avstånd till objekt då försökspersonerna ej skulle ha någon svårighet att bedöma dessa avstånd i det naturliga rummet. Gibson menar att man direkt får information om t ex ett golv som en plan yta som sträcker

ut sig framför observatören. Har golvet ett mönster eller synlig textur blir denna textur gradvis tätare för ögat när avståndet ökar.

Liknande texturgradienter föreligger vid de väg-, land- och vattenytor, som vi så gott som alltid ser framför oss. Dessa texturgradienter ger enligt Gibson upphov till visuella stimuli av samma primära natur som t ex färg och relativ ljushet. Övriga gradienter för 3-dimensionellt seende utgörs enligt Gibson av det lineära perspektivet och av rörelseparallax. Dessa gradienter hos retinabilden definierar entydigt avståndsrelationerna i rummet å ena sidan och upplevelsen av avstånd å den andra. Enligt Gibson är upplevelsen av det 3-dimensionella rummet framför oss primär och omedelbar. Denna upplevelse ligger i tiden snarare före än efter upplevelsen av avståndet till specifika objekt i detta rum.

Johansson (1975) har beskrivit den historiska bakgrunden till cueteorin som en följd av parallellitetsaxiomet i den Euklidiska geometrin. Han hävdar att Gibson var den förste som omsatte projektionsgeometrins principer vid analysen av 3-dimensionellt seende. Detta har inneburit ett genombrott för förståelsen av vår förmåga att uppleva djup.

I motsats till den Euklidiska geometrin analyserar projektionsgeometrin geometriska förhållanden ur en betraktares synvinkel. Två parallella linjer möts då vid horisonten.

Johansson tillhör Gibsons skola. Han har genom ett omfattande experimentellt arbete empiriskt kunnat knyta projektionsgeometriska lagbundenheter i det visuella flödet till upplevelser av

rigida objekt, som rör sig i ett 3-dimensionellt rum, eller till egenrörelse (locomotion) genom detta rum.

Enligt Johansson utgör förändringar i det optiska flödet på retina primära visuella stimuli. När ett objekt rör sig i vårt synfält åstadkommer det ett lokalt flödesmönster på retina. När vi själva rör oss i vår omgivning (locomotion) förändras det optiska flödet över hela retina.

Johansson har visat att vi i första hand tolkar ett enkelt men fysikaliskt "tvetydigt" stimulusmönster bestående av ljusa punkter i enlighet med projektionsgeometriska principer så att vi upplever ett oföränderligt objekt som rör sig i det 3-dimensionella rummet. Finns ej någon projektionsgeometrisk lösning upplever vi ett amorft objekt med eller utan rörelse i djupled. I sista hand upplever vi att punkterna rör sig utan att vara relaterade till varandra.

Vid sidan av dessa lagbundenheter har Johansson visat att komplexa rörelsemönster (bestående av ljusa punkter på en mörk skärm) som representerar t ex en gående haltande människa eller ett par som dansar, ej ger betraktaren några svårigheter att omedelbart identifiera dessa objekt och beteenden. Detta empiriska resultat kan tolkas så att ju mer komplicerat ett projicerat rörelsemönster av ett objekt på retina är ur matematisk synvinkel, ju lättare har vi att identifiera objektet.

Sammanfattningsvis kan sägas att Johansson har visat att upplevelsen av rörelse i ett 3-dimensionellt rum är direkt relaterad till lagbundenheter hos stimulusmönstret. Gibsons arbete å andra sidan har inneburit att individens primära

upplevelse av det omgivande rummet betraktas som en nödvändig referensram vid bedömning av avstånds- och tidsrelationer till vad som sker i detta rum.

Gibsons och Johanssons teorier har inneburit att människans upplevelse av den tredje dimensionen blivit möjlig att förstå. Däremot återstår mycket kunskap innan vi på ett insiktsfullt sätt kan utforma vår tekniska miljö optimalt utifrån människans sätt att fungera i detta avseende.

4.3.3 Parametrar som inverkar på bedömning av avstånd, rörelse och hastighet -----

4.3.3.1 Vägens synbarhet

Enligt Gibson äger vägbanan och vägens omgivning gradienter på vilka upplevelsen av avstånd vilar. Detta skulle innebära att vår förmåga att bedöma avstånd vid mörkertrafik skulle vara direkt beroende av vägens och omgivningens synbarhet. Bedömning av avstånd till objekt som befinner sig på en ej synbar del av vägen skulle då endast indirekt kunna göras utifrån olika antaganden. Avståndet till ett fordon med två strålkastare skulle då kunna uppskattas utifrån synvinkelavståndet mellan strålkastarna samt ett antagande om det absoluta avståndet mellan dem. I det fall fordonet endast har en strålkastare finns inga förutsättningar för annat än gissningar (Janssen 1972).

Dessa svårigheter torde också i lika hög utsträckning gälla vid bedömning av förändring av avstånd till ett objekt eller vid bedömning av ett objekts relativa rörelse. Janssen (1972) har studerat upptäcktströsklar för relativ rörelse hos ett framförvarande fordon genom att simulera två bakljus, som rör sig mot eller från varandra. Den slutsats Janssen drar av sina försök är att den relativa

rörelsen hos bakljusen är otillräcklig som informationskälla för föraren vid bedömning av den relativa hastigheten hos ett framförvarande fordon vid fordonsbelysning under mörker.

4.3.3.2 Radiella objektrörelser

I de fall observatören (t ex bilföraren) och objektet (t ex en medtrafikanter) rör sig i riktning mot eller från varandra är rörelsen radiell med observatören som medelpunkt. På de avstånd som är relevanta vid bedömningar av relativ rörelse och hastighet i motorfordonstrafik expanderar eller krymper den på näthinnan projicerade bilden av ett sådant objekt sakta samtidigt som objektets bakgrund på raka vägavsnitt endast långsamt förändras. Ögat är mycket okänsligt för denna typ av stimulering i såväl dagsljus som mörker i förhållande till storleken hos den relativa hastigheten mellan observatör och objekt. I dessa situationer är det bl a omöjligt att t ex bedöma hastigheten hos en mötande bil på visst avstånd (Rumar & Berggrund 1973). Mötespunkten mellan två bilar prediceras oberoende av skillnad i fordonens hastighet att ligga mitt emellan fordonen (Björkman 1963).

4.3.3.3 Transversella objektrörelser

Då rörelsen hos ett hinder eller en medtrafikanter i stället är transversell i förhållande till observatören blir objektets yinkelhastighet över retina stor i förhållande till avståndet till och hastigheten hos objektet. Ögats känslighet för att upptäcka denna typ av rörelse är mycket hög.

Johansson (1975) hävdar att synen huvudsakligen utvecklats att vara ett system för upptäckt av rörelse. Rörelser i vår omgivning påkallar vår uppmärksamhet för att på så sätt kunna resultera

i adaptiva beteenden. Denna slutsats torde enbart gälla sådana rörelser, som på stora avstånd har en relativt stor transversell rörelsekomponent. På korta avstånd ger även den radiella rörelsen snabba förändringar av retinabilden med åtföljande hög sannolikhet för upptäckt av rörelsen.

Av denna anledning finns skäl att antaga att den raka plana vägen utgör det mest ogynnsamma vägrummet för bedömning av avstånd och hastighet hos medtrafikanterna. Löper vägen i en långsträckt kurva utan sikthinder skulle bedömningen av avståndet till och hastigheten hos ett mötande fordon kunna underlättas på så sätt att objektets rörelse (i förhållande till observatören) i detta fall också äger en transversell komponent samtidigt som objektets läge i rummet är bättre definierat.

4.3.3.4 Locomotion - egenrörelse

Bedömning av egen hastighet

Vid locomotion sker en förändring över hela retina av det visuella flödet från vägrummet. Snabbheten i detta flöde från en viss punkt på vägbanan är direkt proportionell mot hastigheten då ögat befinner sig på konstant höjd över vägbanan. Däremot är snabbheten hos det visuella flödet från området vid sidan av fordonet direkt avhängigt av avståndet i sidled. Detta innebär att det visuella flödet från exempelvis vägkanterna minskar med ökande vägbredd.

Fordonsföraren skall korrekt kunna bedöma sin egen hastighet i förhållande till vägmiljöns utformning för att på så sätt kunna anpassa sin hastighet till de krav som ställs. Man begär också av fordonföraren att ej överskrida vägens högsta tillåtna hastighet. Till hjälp har han då hastighetsmätaren som direkt ger honom denna

information.

Föraren lär sig att förknippa hastighetsmätarutslag med snabbheten i det visuella flödet samt med ljudnivå och vibrationer hos den bil han är van att köra så att han ganska väl kan välja sin (absoluta) hastighet (t ex 50, 70, 90 km/h) utan hjälp av hastighetsmätaren (Spolander och medarbetare 1979). Detta kan förmodas endast gälla under en kort tidsperiod efter det att hastighetsmätaren upphört att fungera.

Till skillnad från val av absolut hastighet kan föraren instrueras att sänka hastigheten till t ex 50, 70 eller 80% av den ursprungliga. I dessa fall tycks föraren göra bedömningen utifrån sin subjektiva upplevelse av hastighet varvid han systematiskt underskattar den nya hastigheten. Graden av underskattning ökar dels med storleken av den hastighetssänkning som skall göras och dels med den tid föraren färdats i utgångshastigheten (Denton 1966, Reason 1974). Det senare fenomenet benämns hastighetadaptation (i dagligt tal fartblindhet) och kan utgöra ytterligare ett exempel på en egenskap som våra tidiga förfäder inte torde ha haft särskilt stora bekymmer med. Enligt Reason (1974) kan förarens förmåga att bedöma hastighet och hastighetsförändringar antas vara ännu sämre då stimuleringen från det omgivande vägrummet begränsas av mörker.

Sammanfattningsvis kan sägas att vi för närvarande endast äger episodisk och otillräcklig kunskap inom detta område. Inom den forskning som genomförts har man låtit människan ersätta bilens hastighetsmätare. Men vad är det som säger att hastigheten är ett lämpligt mått att relatera människans hastighetsupplevelser till? Skulle t ex inte den relativa rörelseenergin vid olika

hastighet kunna vara ett bättre mått ur olika funktionella aspekter? Bromssträckan t ex är på ett enklare sätt relaterad till rörelseenergin än till hastigheten. I avsnitt 4.2 har t ex bromssträckan använts som kriterium på minsta säkra siktsträckor vid olika hastigheter.

4.3.3.5 Bedömning av färdriktning

Förarens förmåga att anpassa fordonets girvinkelhastighet efter vägens geometri har behandlats teoretiskt av Lee och Lishman (1977). De visar bl a att de optiska flödeslinjer över retina som varje punkt på vägbanan ger upphov till skall sammanfalla med retinabilden av vägen då fordonets girvinkelhastighet är korrekt i förhållande till fordonets hastighet och vägens geometri.

Denna ståndpunkt bygger på Gibsons arbeten som innebär att individen primärt orienterar sig i sin omgivning med hjälp av egenskaper hos det optiska flödet.

4.3.3.6 Slutsatser

Av det ovanstående framgår bl a att upplevt avstånd definieras i relation till upplevelsen av det 3-dimensionella rummet. Upplevelsen av avståndsrelationer i detta rum vilar enligt Gibson på texturgradienter hos ytor, det linjära perspektivet samt rörelseparallax. För att kunna göra bedömningar av avstånd med hjälp av texturgradienter under mörkertrafikförhållanden måste åtminstone vägbanan vara synlig. Genom vägmarkeringar och väggkantsreflektorer torde informationen om det linjära perspektivet kunna förbättras. Rörelseparallax samt det optiska flödet från omgivningen torde utgöra stimuli vid bedömning av egen rörelse vilket skulle motivera god synbarhet också hos vägens omgivning.

Vägrummet utgör samtidigt en nödvändig referensram vid bedömning av förändringar. Detta innebär att en rörelse hos ett objekt definieras i förhållande till rummet. Ju sämre vägrummets synbarhet är desto sämre torde förutsättningarna vara för att föraren skall kunna göra lika goda bedömningar som under dagsljusförhållanden.

4.3.4 Behov av forskning

Att kartlägga människans förmåga att bedöma avstånd, rörelse och hastighet i trafikmiljön utgör en avsevärd forskningsuppgift. Kunskapen vad gäller vår prestationsförmåga i dessa avseenden är osäker och preliminär. Detta gäller såväl för dagsljus- som för mörkertrafikförhållanden.

Det är rimligt att hävda att man bör undersöka människans prestationskaraktäristik samtidigt under såväl dagsljus- som mörkertrafikförhållanden för att kunna kvantifiera skillnaderna i prestation. Därefter bör systematiska förändringar i miljön genomföras och utvärderas.

Av denna framställning har framgått att nyckelbegreppet vad gäller forskning kring dessa problem under mörkertrafikförhållanden måste vara "vägrummets synbarhet". Vägens synbarhet har tidigare behandlats under avsnitt 4.1 "Visuell ledning" under vilket förarens information angående fordonets läge på vägen samt vägens fortsatta sträckning diskuterats.

De nya problem som behandlats i detta avsnitt utgörs av bedömning av avstånd, rörelse och hastighet hos hinder och medtrafikanter samt bedömning av hastighets- och avståndsrelationer vid locomotion. Forskning inom detta område bör bedrivas med en långsiktig målsättning att vinna

kunskap om hur trafikmiljön skall vara utformad för att i så hög utsträckning som möjligt vara anpassad till människans förutsättningar och förmåga.

5. METODER FOR VURDERING AV TILTAK SOM MOTVIRKER MØRKEULYKKER

Av Finn Harald Amundsen, TØI/VD - N

5.1 Innledning

I forbindelse med trafikksikkerhetsarbeid har det gjennom tidene blitt benyttet forskjellige registreringsmetoder for å finne effekten av de tiltak og utbedringer en har gjort, det være seg endringer av geometrisk utforming, skilting, oppmerking o s v. OECD 1976, 2.

Den mest anvendte registreringsmetoden er å samle inn og analysere ulykkesdata. Denne metode kan best utnyttes ved mer omfattende undersøkelser som går over flere år, slik at tilstrekkelig materiale kan bli samlet inn.

På grunn av den lange registreringstiden for innsamling av ulykkesdata er det utviklet forskjellige metoder som raskt gir datagrunnlag for effektmålinger. Disse metodene er konfliktregistreringer, kjøreatferd og kjøreopplevelser som kan supplere eller erstatte de nevnte ulykkesregistreringene.

De enkelte metodenes utvikling og anvendelsesområder er nærmere omtalt i de følgende avsnitt.

5.2 Ulykkesundersøkelser

Ved innføring av nye veg- og trafikktekniske tiltak brukes ofte registrerte trafikkulykker som mål for hvor effektive tiltakene er med hensyn på ulykkesreduksjon. I denne sammenheng er det vanlig å utnytte trafikkulykker med personskader rapportert til politiet. Øvrige skader rapportert til forsikringsselskap lar seg vanskelig utnytte fordi ulykkesstedene er dårlig stedfestet. (Garberg og Vaaje 1979) Ved å bruke trafikkulykker med personskade som er rapportert til politiet er det en rekke ulykker man ikke får kjennskap til. Andelen ulykker som rapporteres til politiet er høyst 50% i Norge og Sverige og vari-

erer med ulykkenes alvorlighet og med ulykkestypen. Således er rapporteringsgraden særlig lav for singelulykker og ulykker der gående og syklende er innblandet. (Bø 1970)

Det er hovedsakelig to problemer som kan oppstå ved å bruke ulykker som mål på effektivitet. Først at ulykker tross alt er en sjelden hendelse og at data-materialet derfor ofte blir lite, og dernest at ulyk-kene påvirkes av en rekke forhold foruten de vi øns-ker å måle effekten av.

Ulykkesundersøkelser krever derfor forsøk av et stort omfang over lang tid (minimum ett år før og etter) og at undersøkelsene legges opp med kontrollstrekninger, slik at effekten av andre forhold avklares.

Bruk av trafikkulykker som mål egner seg derfor ikke for å prøve ut mindre tiltak. Dersom en derimot skulle ønske å eksperimentere med vegoppmerkingssys-temet på en større del av det statlige vegnett, vil ulykker kunne brukes.

Metodiske problemer ved bruk av trafikkulykker som grunnlag for trafiksikkerhetsstudier er behandlet av flere forfattere. (OECD 1976, 2).

I de senere år er det arbeidet med å utvikle en meto-de for registrering av konflikter eller "nesten-ulyk-ker". En "nesten-ulykke" er da definert som en hend-else som kunne ha ført til en ulykke dersom ikke en avvergende manøvre (bremsing, svinging etc) var ut-ført i siste liten.

Vanligvis registrerer observatøren konfliktene ved å tegne en skisse av hendelsen eller trafikkstrømmene filmes for senere analyse. For å lette arbeidet og behandlingen av resultatene, har flere forfattere

funnet det hensiktsmessig å skille mellom fire alvorlighetsgrader:

1. Moderat konflikt
2. Farlig konflikt
3. Kritisk konflikt
4. Trafikkuhell

For å registrere hendelsesforløpet, benyttes symboler, piler og kodetall, igjen for å gjøre det hele enklere.

Konfliktregistreringer kan være egnet til før- og etterstudier fordi databehandlingen kan gjøres raskt og en kan derfor studere effekten av eventuelle tiltak. Derimot har det vært reist tvil om de definisjoner som har vært brukt. En oppsummering er gitt av Amundsen, Hydén 1977.

Også på steder hvor få ulykker er rapportert, vil data fra konfliktregistreringer være nyttige for å finne frem til trafikkproblemene i et kryss.

Til nå er metodikken hovedsakelig utprøvet i vegkryss. Det er imidlertid gode muligheter for å definere konfliktfylte manøvre i kurver. Før metoden eventuelt kan tas i bruk, er det behov for et stort utviklingsarbeid. Problemer kan også oppstå ved at forskjellige observatører kan medvirke til å gjøre registreringene usikre.

Generelt synes det derfor som om trafikkulykker kun vil egne seg som effektmål ved bredt opplagte og omfangsrike forsøk. En metode for kontinuerlig registrering av konflikter synes lovende, men ligger noen år frem i tiden.

5.3 Kjøreatferd

For å supplere ulykkesundersøkelser eller for å erstatte ulykkesundersøkelser, er det vanlig å registrere trafikantenes kjøreatferd. Meningen er da å registrere hvordan trafikantene kjører under nåværende trafikkforhold, for siden å sammenligne dette med kjøremåten etter at forskjellige tiltak er gjennomført. Fordelen med denne typen målinger er at det er enkelt å fremskaffe et tilstrekkelig datamateriale som gir mulighet til å analysere endringer i den detaljerte utformingen. Ulempen har - bortsett fra visse måletekniske problemer - vært at det har vært vanskelig å trekke sammenhenger mellom de forhold som måles og trafikksikkerheten. Allikevel synes slike målinger å være et praktisk anvendbart verktøy. De typer trafikantatferd som er av interesse å studere er;

- kjørefart
- fartstilpasning
- sideplassering i forhold til vegoppmerking eller vegkanten
- feilkjøring

Bruk av kjøreatferd som mål ved trafikksikkerhetsstudier er nærmere behandlet av bl a OECD 1976, 2.

5.3.1 Kjørefart

Ikke i alle tilfeller er det farten som er den direkte årsak til at ulykker og alvorlige situasjoner oppstår, men de har ofte en medvirkende årsak. For å kunne manøvrere bilen sikkert gjennom en kurve eller et kryss, er det viktig at farten er tilpasset slik at føreren har kontroll over situasjoner som kan inntruffe. Registrering av kjørefarten kan gi gode data med henblikk på vurdering av effekt av eventuelle fartsdpendende tiltak (reduisert fartsgrense og annen skilting, humper og dumper etc). Registrering av fart kan f eks utføres ved hjelp av radar.

5.3.2 Nedbremsing

Fartsvalg i kurver er ofte blitt valgt som et atferdskriterium som i høy grad påvirker risiko for ulykker i kurver. For å måle hastigheten på flere steder i en kurve, benyttes vanligvis magnetsløyfer eller optiske systemer. Nedbremsing er blitt benyttet som måling av effekten ved sammenligninger av forskjellige oppmerkingssystemer slik som vegbaneoppmerking, kantstolper, retningsmarkeringer etc og skulle gi en forholdsvis god indikasjon på hvordan bilistene oppfatter de forskjellige tiltak. (Amundsen og Pedersen 1976)

5.3.3 Sideplassering

Sideplassering kan ses i sammenheng med kjørefart og er benyttet som et annet kriterium for kjøreatferd som sterkt påvirker ulykkesrisiko i kurver. Registreringen av sideplasseringer på forskjellige steder foregår enten ved hjelp av magnetsløyfer eller manuelt. Ved hjelp av hvite lapper på kjørebanelen kan en oppnå en nøyaktighet på ± 5 cm. Avstanden blir vanligvis målt fra kantlinjen i ytterkurven. Samtidig som sideplassering blir observert, registreres også hastigheten ved hjelp av radar e l. Sideplassering kan mest bekvemt registreres automatisk ved et optisk system utviklet av Summala og Merisalo 1978.

5.3.4 Feilkjøring

Feilkjøring er et annet middel for å registrere kjøreatferd i kurver. Med feilkjøring menes at føreren ikke har full kontroll over manøvreringen av bilen, dvs at bilen får skrensing på grunn av for høy hastighet eller har nedbremsing, noe som igjen kan føre til utforkjøringer. Registreringen foregår manuelt av en trenet observatør.

5.4 Kjøreopplevelse

En tredje type registreringer er å spørre trafikantene om deres mening om de tiltak som er gjennomført. De fleste vil oppfatte dette som subjektive data, men erfaringer har vist at de ofte er sammenlignbare med data som er samlet inn på annen måte, f eks ved måling av kjøreatferd.

Undersøkelser kan enten legges opp ved å stoppe trafikanter som har kjørt forbi et spesielt tiltak og stille spørsmål om hvordan det virket, eller å kjøre strekninger med testkjørere som siden blir bedt om å uttale seg.

Det må være tvil om slike undersøkelser gir tilstrekkelig holdbare resultater dersom ønsket er å sammenligne erfaringer fra flere steder. Dersom målinger utføres på denne måten, vil det være nødvendig å følge opp med andre typer registreringer, f eks kjøreatferd.

Helmers og Aberg 1978 har brukt kjøreopplevelse ved trafiksikkerhetsstudier i vegkryss.

6. INTRODUKTION TIL PROJEKTFORSLAG

Af Kai Sørensen, LTL (6. og 6.1)

Gabriel Helmers, VTI (6.2)

Hans Ruud, TØI/VD-N (6.3)

De forskellige behov for undersøgelser, som fremgår af kapitlerne 3., 4. og 5. er konkretiseret i en række projektforslag, som findes i hhv. bilag A, B og C.

Projektforslagene er tænkt som en ramme for udførelse af disse undersøgelser hos deltagerne i det nordiske samarbejde, og gerne som inspiration for undersøgelser hos andre.

Projektforslagene indeholder en formålsbeskrivelse, en projektbeskrivelse og en vurdering af projektets omfang.

Med denne opbygning af projektforslagene bør disse, sammen med rapportteksten, kunne tjene som et grundlag for beslutning om igangsættelse af projekter.

Under en igangsættelse eller under nøjere planlægning af et projekt kan det imidlertid være hensigtsmæssigt at uddybe projektforslaget eller at afvige fra dette. Det kan f.eks. komme på tale at nedskære projektets indhold eller at tilrette det i forhold til senere fremkomne data, eller at omformulere forslaget, så det tjener som en rettesnor for afvikling af projektet i et samarbejde mellem flere institutter.

Af disse grunde indeholder en del af projektforslagene yderligere et "teknisk" afsnit, som nærmere uddyber projektets indhold og sigte, og som tjener som et grundlag for en evt. omformulering af projektet.

Der er ikke opstillet en egentlig prioritering af projekterne, men mange af disse danner forudsætninger for hinanden eller supplerer hinanden og bør afvikles i en gunstig rækkefølge eller under gensidig hensyntagen. Sådanne forhold omtales nærmere i de følgende afsnit, hvoraf der findes ét for hver række projektforslag, A, B og C.

Til disse rækker af projektforslag kan anføres, at projekter i rækken A naturligt omfatter en del udgangspunkter for projekter i rækkerne B og C, og at projekter i rækken B i noget omfang danner udgangspunkt for projekter i rækken C.

Det ville dog ikke være naturligt først afvikle alle projekter A, så alle projekter B og dernæst alle projekter C. I det mindste bør dog parametre og andre forhold, som danner grundlaget for et projekt, så vidt muligt registreres som et led i projektet, så dets resultater senere kan fortolkes i lyset af evt. ny viden om grundlaget.

6.1 Parametre i den lystekniske funktion (projekter A)

6.1.1 Vejbelægnings- og vejafmærkningers reflektions-egenskaber (projekter A1 og A2)

Da de fysiske forhold er stærkt beslægtede vedrørende vejbelægnings- og vejafmærkningers refleksionsegenskaber, og da vejbelægnings- og vejafmærkninger også af praktiske grunde bør sammenkædes, er der foreslået 5 projekter til afklaring af den samlede problemstilling.

De 5 projekters titler, naturlige rækkefølge og indbyrdes forhold er illustreret i figur 6.1. Under formuleringen af projektforslagene har det været til stor hjælp, at der foreligger en del viden på området.

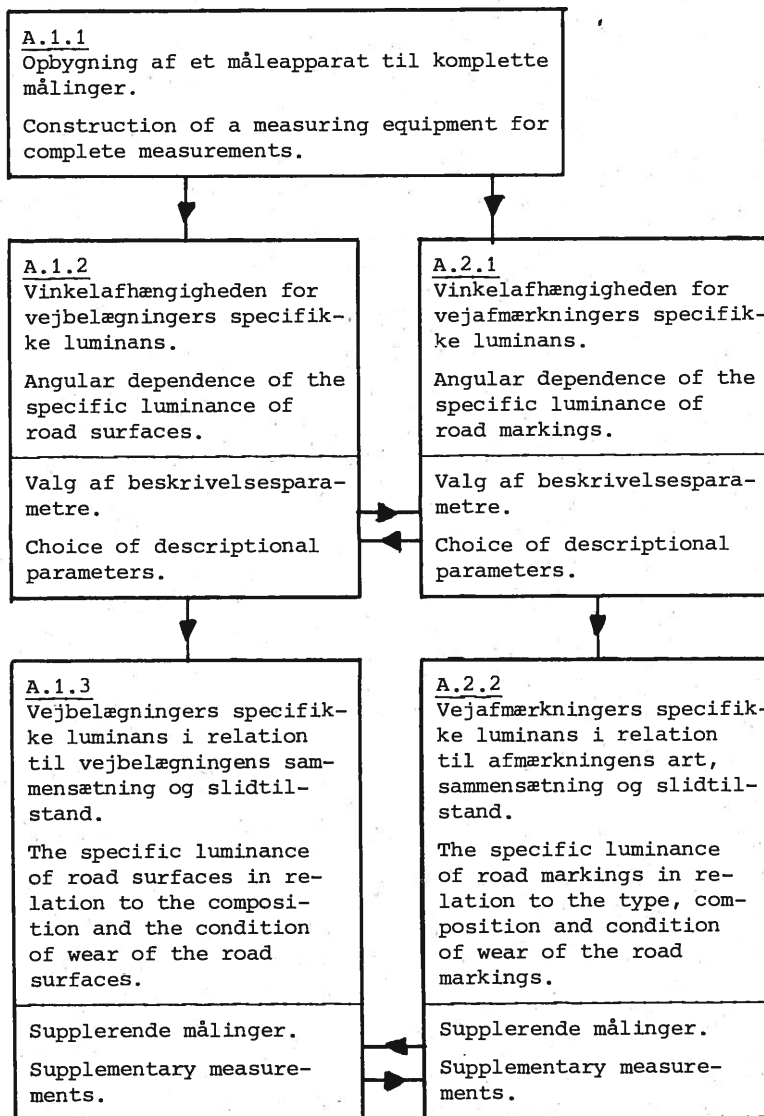
Den eksisterende viden er på den anden side dog så mangelfuld, at der ved udformningen af projektforslag er taget udgangspunkt i det helt grundlæggende, nemlig opbygning af et måleudstyr til fundamentale målinger (projekt A.1.1). Dette måleudstyr tænkes derefter benyttet i næste trin (projekt A.1.2 og A.2.1), som skal resultere i et betryggende valg af beskrivelsesparametre til brug ved simplificerede målinger med transportable apparater. Endelig i sidste trin (projekt A.1.3 og A.2.2) føres kendskabet til praktiske forhold så langt frem, at den samlede viden på området tillader et forsvarligt normarbejde.

Den eksisterende viden på området, og den viden, som efterhånden bliver tilgængelig, må naturligvis præge projekternes afvikling. Således kan projekt A.1.1 eventuelt bestå i tilretning af et eksisterende måleapparat i stedet for opbygning af et nyt fra grunden.

Endvidere afhænger behovet for simple målemetoder i form af transportable måleapparater, af konklusioner

sionerne af projekt A.1.2 og A.2.1. Det er dog højst tænkeligt, at et eksisterende apparat kan anvendes, eller at der i anden forbindelse udvikles et egnet apparat, således at der ikke er forudsat yderligere apparatudvikling i den foreslåede projektserie.

Endelig kan det tænkes, at der under afvikling af projekterne viser sig et yderligere behov for undersøgelser, der ikke er forudset på nuværende tidspunkt. Jævnfør det i projekt A.2.2 omtalte forhold vedrørende fugtige tilstande af vejafmærkninger.



Figur 6.1 Projekter, titel, rækkefølge og indbyrdes forhold til afklaring af vejbelægningsers og vejafmærkningers refleksionsegenskaber i belysning fra billygter.

Projects, title, sequence and interrelations for the clarification of reflection properties of road surfaces and markings in vehicle headlight illumination.

6.1.2 Refleksanordninger (projekter A3)

Der er formuleret tre projektforslag, som alle angår vejsøm (vegbanereflektorer) og vejkantreflektorer.

Første projektforslag, A.3.1 "Apparatur for måling av retrorefleksjonsevnen hos vegbane- og vegkantreflektorer" angår udvikling af både laboratorieudstyr og transportabelt udstyr.

Det transportable udstyr tænkes baseret på en standardiseret målegeometri, som også kan være udgangspunkt for en senere fastsættelse af anbefalinger eller kravværdier for disse refleksanordninger.

Den standardiserede målegeometri tænkes fastlagt på grundlag af ønskede retningsfordelinger af den retroreflekterede lysstrøm, men det kan vise sig nyttigt at tage hensyn til typiske fordelinger, som påvises ved brug af laboratorieudstyret.

Det kan derfor vise sig praktisk at udføre projektet som to delprojekter, hvor laboratorieudstyret udvikles og benyttes i første del, hvorefter det transportable apparat udvikles i anden del.

Under alle omstændigheder bør der være et egnet transportabelt udstyr til stede til brug ved målingerne i projekt A.3.2 "Innvirkning av smuss og nedbør på effektiviteten hos vegbane- og vegkantreflektorer".

Projektet indeholder dels en registrering af effektiviteten under praktiske forhold og dels udarbejdelse af rutiner eller metoder til opretholdelse af rimeligt gode egenskaber.

Også projekt A.3.2 kan måske med fordel udføres

som to delprojekter, i hvilke vejsøm og vejkant-reflektorer studeres hver for sig.

Tredie projekt A.3.3 "Lystekniske egenskaber hos retroreflektorer brugt som faste markeringer" baseres på de to forudgående projekter, og har til formål at fremdrage konklusioner angående refleksanordningernes udformning og de krav, som med rimelighed kan stilles til refleksionens styrke, retningsfordeling m.v.

6.1.3 Bilruders optiske egenskaber (projekter A4)

Der er formuleret to projektforslag angående bilruders optiske egenskaber.

Projekt A.4.1 "Betydningen af vanddråber, snavs og ridser for lysets spredning i bilruder" har karakter af en inventering, hvor de optiske egenskabers principielle afhængighed af vanddråber, snavs og ridser studeres. Denne inventering tænkes udført ved litteratursøgning, teoretiske overvejelser og laboratoriemålinger, og den resulterer i opstilling af kriterier for et måleinstrument til praktiske målinger.

Næste projekt A.4.2 "Måling af lysets brydning i bilruder under praktiske forhold" har til formål at realisere måleinstrumentet og tilvejebringe data fra praktiske forhold. Dette projekt tænkes ført frem til, at der foreligger konklusioner over problemernes natur og omfang og evt. forslag til foranstaltninger til forbedring af udsynet gennem bilruder under de vanskelige forhold ved mørkekørsel på veje uden fast belysning.

6.2 Elementer i den lystekniske funktion (projekter B)

6.2.1 Vägens visuella ledning (projekt B1 och B2)

En kritisk variabel vid manövreringen av fordonet är förarens upplevelse av vägen och dess linjeföring, dvs vägens visuella ledning. Vid fordonsbelysning under mörker är vägens synbarhet starkt försämrad jämfört med dagsljusförhållanden. Detta innebär bl a att den tillgängliga informationen från vägrummet är mindre detaljerad samtidigt som informationen överförs från ett avsevärt kortare avstånd.

Vägens ringa synbarhet under mörker utgör ofta ett allvarligt problem för trafikanten. Vaghållaren försöker därför förbättra synbarheten bl a med hjälp av vägmarkeringar och vägkantreflektorer med hög grad av retroreflexion. Vägbanans reflexionsegenskaper har också stor betydelse för trafikantens upplevelse av vägrummet.

För att på ett systematiskt och insiktsfullt sätt kunna förbättra vägens visuella ledning fordras att man kan kvantifiera denna storhet. För närvarande saknas mätmetoder varför arbetet måste inledas med att utveckla lämpliga sådana.

För kvantifiering av en vägs visuella ledning under olika yttre förhållanden fordras en god fältmetod (projekt B1).

Vägens visuella ledning måste sättas i relation dels till dess ljustekniska egenskaper och dels till den projicerade bilden på retina av vägrummet. För utveckling av metoder för beskrivning av vägens ljustekniska egenskaper hänvisas till avsnitt 6.1. (Projekt A).

Vid studium av hur upplevelsen av vägrummet förändras med bilden av vägrummet fordras dessutom att man har tillgång till en simulerad vägbild med möjlighet att systematiskt variera bildens olika komponenter oberoende av varandra. Utveckling av och försök med en simulerad vägbild utgör projekt B2.

På lång sikt skulle dessa olika projekt (A, B1 och B2) kunna leda fram till kunskap som skulle kunna sammanfattas i en matematisk modell för prediktion av vägars visuella ledning.

6.2.2 Hinders synbarhet (projekt B3 och B4)

Kunskaper om hur synbarheten hos hinder varierar med vägbanans retroreflexion kan betecknas som tillfredsställande efter det att omfattande försök nyligen har genomförts vid VTI. Resultaten av dessa försök utgör en del av det faktaunderlag som skall ligga till grund för en revidering av den modell för prediktion av siktsträcka, som utvecklats vid LTL. (Se projekt B4). Vid detta arbete kan kompletterande fältförsök bli nödvändiga för kontroll av den förändrade modellens prediktioner.

Vår kunskap om hur siktsträckan till hinder på vägbanan varierar med avseende på vägbanans speglade reflexion är däremot starkt begränsad. Detta är otillfredsställande eftersom den speglade reflexionen hos vägbanor vid vått väglag varierar inom mycket vida gränser. Olycksmaterialet som redovisas i kapitel 2, visar en betydligt större andel mörkerolyckor vid vått än vid torrt väglag. Detta utgör ett stöd för antagandet att de försämrade visuella förhållandena vid våta skapar ökade olycksrisker.

Mot denna bakgrund har ett projekt formulerats med syfte att kartlägga den betydelse vägbanans

speglande reflexion har för siktsträckan till hinder på vägen (projekt B3). Innan arbetet inleds måste en lämplig metod för mätning av vägbanans speglande reflexion i fält ha utprovats (projekt A.1).

6.2.3 Bedömning av avstånd, rörelse och hastighet

Vår kunskap om vår förmåga att bedöma avstånd, rörelse och hastighet i trafiken är begränsad. Huvuddelen av de studier som utförts inom området har varit av grundforskningsnatur och bedrivits utifrån teoretiska frågeställningar.

Av detta skäl är det motiverat att tillämpad forskning inom området också ges en teoretisk förankring. Samtidigt bör problemställningarna vidgas att gälla både dagsljus- och mörkertrafikförhållanden.

En förutsättning för att tillämpad forskning inom detta område skall kunna leda fram till väsentliga resultat torde vara att olika trafiksituationer kan simuleras med fullständig kontroll av de ingående parametrarna. Förutom detta måste den simulerade vägbilden äga hög upplösning.

I dag kan detta inte åstadkommas, men den simulator som utvecklas vid VTI utgör en möjlighet på litet längre sikt.

Utifrån dessa utgångspunkter föreslås att arbetet inom detta vida fält inleds med litteraturstudier och simulatorutvecklingsarbete för att med så vunnna kunskap kunna arbeta fram en realistisk forskningsplan. Något konkret projektförslag har därför ej utarbetats.

6.3 Mer direkte undersøkelser av den lystekniske funktion

På bakgrunn av den mangel på viten og analyse av ulykkesstatistikken som er blitt kjent gjennom arbeidet med denne rapport, er det utarbeidet prosjektforslag som kan være til hjelp for å avklare de problemene en har med spesielle typer ulykker ved mørkekjøring.

Spesielt singelulykkene har en relativt høy andel av det totale antall ulykker. Det er antatt at årsaken til de mange singelulykkene kan være mangel på eller dårlig visuell føring, slik at prosjektene i stor grad er rettet mot disse forhold.

De enkelte prosjekter er basert på å benytte allerede kjente og aksepterte måleregistreringer.

7.

SAMMENFATNING

Af Kai Sørensen, LTL

Ved mørkekørsel på veje uden fast belysning må trafikken afvikles i belysningen fra køretøjernes egne lygter.

Denne belysning er af en langt lavere kvalitet end både dagslys og vejbelysning af en rimelig standard. Forholdene er bedst, når der ikke er andre trafikanter i nærheden, så fjernlyset kan benyttes. Meget ofte må man dog benytte nærlyset, som har en begrænset rækkevidde, og som alligevel forårsager en ret kraftig blanding af andre trafikanter. Både fjernlys og nærlys giver endvidere en ret svag belysning og dækker kun et lille vinkelområde foran køretøjet.

Belysningens lave kvalitet medfører, at de visuelle forhold er kritiske, og dette begrænser de primære krav, som kan stilles til vejsystemet angående f.eks. kapacitet af vejen og kort rejsetid.

I erkendelse af den lave kvalitet af billygtebelysning forsynes veje i bymæssige områder normalt med vejbelysningsanlæg. Selv uden for bymæssige områder etableres der vejbelysning i nogle tilfælde, f.eks. i signalregulerede kryds og på veje med stærk trafik eller mange trafikulykker.

For langt hovedparten af vejnettet uden for bymæssige områder er det af praktiske, økonomiske og energimæssige årsager ikke muligt at etablere fast vejbelysning.

For den ubelyste del af vejnettet er trafikforholdene til gengæld forholdsvis simple, og der kan søges billigere virkemidler til forbedring af de visuelle forhold. Blandt sådanne virkemidler ses

i de senere år en forøget anvendelse af retroreflekterende afmærkning.

Et rationelt valg af virkemidler til forbedring af den primære funktion af den ubelyste del af vejnettet i mørketiden forudsætter imidlertid viden om de lystekniske og visuelle forhold.

Denne rapport må ses som det første led i fremskaffelsen af det nødvendige videngrundlag.

I kapitel 2 diskuteres sammenhængen mellem trafik-sikkerhed og de specielle forhold ved mørkekørsel på ubelyst vej. Baggrunden for denne diskussion er ulykkesoversigter for Danmark, Norge og Sverige, hvor ulykkerne opdeles på dagslys- og mørkesituationerne, på forskellige ulykkeskategorier og på forskellige vejrforhold. Ulykkesoversigterne afslører dels en række forskelle i landenes ulykkesmønstre, som formentligt skyldes geografiske og klimatiske forhold, og dels en række fælles træk.

Ulykkesoversigterne viser således, at i forhold til trafikarbejdet optræder ulykkerne hyppigere i mørke end i dagslys. Endvidere konkluderes det, at single-uheld optræder meget hyppigt i mørke og udgør den største ulykkeskategori. Sammenstød mellem to køretøjer er ikke i samme grad overrepræsenteret i mørke, men udgør alligevel den næststørste kategori. Påkørsel af fodgængere, dyr m.v. på kørebanen forekommer relativt hyppigt i forhold til dagslyssituationen, men udgør absolut set kun en mindre del af mørkeulykkerne.

Oversigterne viser endvidere, at i mørke medfører vanskelige vejrforhold, som ved vådt eller glat føre, en forøgelse af antallet af ulykker i forhold til de tilsvarende vejrforhold i dagslys.

I kapitel 3 diskuteres en række forskellige lys-tekniske forhold og ydre omstændigheder, som under ét betegnes parametre, og som tilsammen i det væsentlige bestemmer de visuelle forhold. Disse parametre er de følgende: genstande (herunder fodgængere) på kørebanen, vejbelægnings refleksionsegenskaber, afmærkningen på kørebanen, refleksanordninger, billygter, bilruder, vejens linieføring, andre trafikanter, vejens omgivelser, vejforhold og synsfunktionen.

Om disse parametre gives der i kapitel 3 almen information om både parametrene og om deres indflydelse på de visuelle forhold. Angående nogle parametre søges i øvrigt fastlagt ensartede forhold, hvorunder parametrene kan indgå i videre undersøgelser over de visuelle forhold. Endvidere anses nogle af parametrene for at være direkte virkemidler til forbedrelse af de visuelle forhold, f.eks. afmærkningens refleksionsegenskaber, og der påpeges behov for undersøgelser, som skal fremskaffe det nødvendige videngrundlag. Endeligt anses bilruders optiske egenskaber for at være vigtige, og der påpeges behov for registrering af de egenskaber, som forekommer under praktiske forhold.

I kapitel 4 gives en nærmere diskussion af de visuelle forhold ved mørkekørsel på ubelyst vej. I betragtning af de forholdsvis simple trafikale forhold diskuteres kun de følgende elementer: visuel føring, synlighed af genstande, og mulighed for at bedømme afstand til og bevægelse af andre trafikanter.

Diskussionen i kapitel 4 rummer almen information om elementerne og peger, især for de to førstnævntes vedkommende, på behov for undersøgelser.

Til visuel føring bemærkes, at dette begreb anses

for at angå trafikantens mulighed for at bedømme både sit køretøjs øjeblikkelige position og bevægelsesretning samt vejens linieføring i en afstand foran kørebøjet.

Angående synlighed af forhindringer, herunder fodgængere, på og ved kørebanen peges i kapitel 4 på behovet for EDB-metoder til at supplere fuldskala-forsøg med henblik på at undersøge de mangeartede forhold.

Undersøgelser af elementer af de visuelle forhold har den svaghed, at undersøgelsernes relevans baseres på formodninger om elementernes betydning for trafiksikkerhed eller andre aspekter af vejens primære funktion. Til gengæld involverer sådanne undersøgelser forsøg på en dybere analyse og dermed en større forståelse af trafikantens visuelle forhold og behov.

I kapitel 5 omtales nogle effektmål af forholdsregler til forbedring af trafiksikkerheden. Den klassiske metode af denne type involverer registrering af ulykker, men andre metoder angår registrering af konfliktsituationer, køreadfærd eller køreoplevelse.

Fordelen ved disse metoder er naturligvis, at de er mere direkte, så f.eks. virkningen af at montere vejkantreflektorer kan vurderes separat, uden at hele problemstillingen vedrørende f.eks. visuel føring behøver at blive afklaret. Ulempen er, at den analytiske side af problemerne forsømmes, så der ikke tilvejebringes noget grundlag for at generalisere konklusionerne.

Disse metoders relevans afhænger desuden af hvilke forhold, der registreres. Der er næppe tvivl om, at ændringer i ulykkesmønstre er relevante op-

lysninger, men angående de andre forhold er der ikke samme sikkerhed.

Til de to forskellige fremgangsmåder, som de fremgår af kapitel 4. og 5., bemærkes, at de bør anses for at supplere hinanden. Dette forstås på den måde, at en konklusion vedr. f.eks. virkningen af vejkantreflektorer er langt stærkere, når virkningen bekræftes både af en bedre visuel føring og af f.eks. en mere hensigtsmæssig køreadfærd.

Fælles for de to fremgangsmåder er, at parametrene kan registreres mere eller mindre grundigt i undersøgelserne, vejkantreflektorer f.eks. ved deres refleksionsegenskaber eller blot ved deres fabrikat. Det er anbefalelsesværdigt, at parametrene registreres så grundigt som muligt med henblik på at muliggøre videre fortolkning og sammenligning af forsøg og senere af implementering af resultaterne. Det er imidlertid en forudsætning herfor, at der foreligger tilstrækkelig viden om parametrene og egnede målemetoder m.v.

De forskellige behov for undersøgelser, som omtales i kapitlerne 3., 4. og 5. konkretiseres i projektforslag, som findes i hhv. bilag A, B og C. Disse projektforslag og deres indbyrdes relationer omtales desuden i kapitel 6.

Projektforslagene er tilsammen ganske omfattende og udgør en væsentlig del af sigtet med rapporten, nemlig at rapporten kan tjene som en disposition for det fortsatte arbejde inden for de nordiske lande med lystekniske og visuelle forhold ved mørkekørsel på veje uden fast belysning.

Da projektforslagene repræsenterer en ganske betydelig projektvirksomhed, som ikke vil kunne udføres i løbet af kort tid, bør projektforslagene

desuden ses som en øjeblikkelig status over forskningsbehov på området.

Ved senere valg og igangsættelse af projekter bør der derfor drages fordel af evt. nytilkommen viden fra udlandet, og det kan være hensigtsmæssigt at nedskære eller ændre projekternes indhold for at lette det samlede arbejde.

Om rapporten som helhed kan anføres, at den i omfang og kompleksitet afspejler den noget vanskelige situation, der hersker vedr. mørkekørsel på ubelyste veje. Det håbes, at rapporten vil kunne gøre fuld nytte, og medvirke til at begrebene udskilles, samt at indsatsen på området forøges og koordineres.

8. SUMMARY

In night-time driving on roads without fixed road lighting the traffic has to take place in the illumination of the vehicle headlights.

This illumination is of a much lower quality than both daylighting and road lighting of a reasonably good standard. The best visual conditions occur, when there are no other vehicles nearby, so that the full headlights can be used. Very often, however, it is necessary to use the dipped headlights, which have a limited range and, nevertheless, cause considerable glare to other road users. Further, the full headlights and the dipped headlights both give a rather low level of illumination and cover a rather narrow angular field in front of the vehicle.

The low quality of the headlight illumination means that visual conditions are critical, and this again puts limits to what can be expected of the performance of the road network at night, e.g. concerning traffic capacity and safety.

Due to the low quality of headlight illumination, roads in urban areas are normally equipped with road lighting. Even in rural areas road lighting is applied in some instances, e.g. at light signal controlled crossroads and on roads with heavy traffic or many traffic accidents.

The main body of roads in rural conditions cannot, however, be equipped with road lighting for reasons of economy and energy conservation.

For this unlit part of the road system, traffic conditions are, on the other hand, comparatively simple, and less costly means of improving visual conditions at night can be applied. Among such

means the increasing use of retroreflective markings is a good example.

A cost-effective choice and use of means to improve traffic conditions on unlit roads at night does, however, depend on knowledge of optical and visual conditions for this situation.

This report is to be seen as a first step in the process of gathering this, much-needed basis in actual knowledge.

In chapter 2 relationships between traffic safety and the special conditions in night-driving on unlit roads are discussed. The bases of this discussion are accident surveys for Denmark, Norway and Sweden, in which accident numbers are divided up between day and night situations, among various categories of accidents and among different weather conditions.

The accident surveys show, on one hand, some variations in accident patterns among the countries, this probably being caused by geographic and climatic conditions, and, on the other hand, some common features.

Thus, the accident surveys indicate, as expected from international experience that in proportion to traffic volumes, accidents occur more frequently at night than at day. It is further concluded that single accidents occur very frequently at night, and constitute the largest category. Collisions between vehicles are not to this extent more frequent at night, but still constitute a large category. Accidents including pedestrians, animals and obstacles do occur relatively frequent at night compared to the daylight situation, but amount to a small number of accidents only.

The surveys further show that at night difficult weather conditions, as indicated by wet or slippery roads, lead to an increase in accident numbers as compared to the daylight situation in similar weather conditions.

In chapter 3 a set of optical and other properties, which together constitute the basis for the visual conditions, are discussed. These, so-called parameters, are characteristics of the obstacles (including pedestrians) on the road, reflection properties of the road surface, reflection properties of the road markings, use and properties of retroreflective devices, light intensity distributions of the headlights, optical properties of the wind-screen, the geometry of the road, other road users, the surroundings of the road, weather conditions and human vision.

These parameters are discussed in terms of general information about the parameters themselves and in terms of their possible influence on visual conditions.

For some parameters is attempted a standardization of how to consider the parameters in future investigations on visual conditions. Further, some parameters, e.g. reflection properties of road markings are considered to be possible agents for the improvement of visual conditions, and the needs of investigations to provide the basis for their use as such are pointed out. Finally, optical properties of wind-screens are believed to be important, and the need is stressed to study what properties will occur in practical conditions.

In chapter 4 is found a discussion of visual conditions in night-driving on unlit roads. Considering the comparatively simple conditions of traffic

only the following elements of visual conditions are discussed: visual guidance, visibility of obstacles, and the judgement of distance to and movement of other road users.

A general discussion and information of these elements and points is carried out - in particular concerning the two first-mentioned elements, and further needs of investigations are stressed.

To "visual guidance" is remarked that this concept is taken to include the drivers conditions for judging both the instantaneous position and movement of his vehicle, plus the run of the road some distance ahead.

Concerning visibility of obstacles (including pedestrians) on or at the road the need of computer simulation models is stressed. In view of the interactive multivariable conditions, such models have to be used as supplements to full-scale investigations.

Investigations of elements of visual conditions inherently have the weakness that the relevancy of the investigations is founded on assumptions of significance of the elements for traffic safety or other primary aspects of the road system. Investigations of this nature do, on the other hand, involve attempts of deeper analyses and, thereby, greater understanding of the visual conditions and visual needs of the driver.

In chapter 5 are discussed some methods for a more direct assessment of the effectiveness of various means to improve the situation. The classic method of this type is the study of traffic accidents, but other methods are to study near-accidents, conflicts, driving behaviour or driving experiences.

The advantage of these methods is of course their directness, meaning for instance that the effectiveness of using retroreflective delineators can be evaluated separately, not requiring that all problems of visual guidance have to be solved. The disadvantage is, on the other hand that the methods neglect the analytical part of the problems, so that they contribute little to a basis for an understanding and generalization of conclusions.

Besides, the relevancy of these direct methods depends on what properties are monitored. There is hardly any doubt that changes in patterns or numbers of accidents are relevant information, but as to other characteristics, this certainty does hardly apply.

To the methods of chapter 4 and 5 is remarked that they should be considered supplementary to each other. This is to be understood in the sense that a conclusion concerning for instance the effectiveness of road delineators is far stronger, when the effectiveness is verified, both by an improvement in visual guidance and, say, in more expedient driving or fewer accidents.

Common to the methods is that the parameters can be monitored in a more or less thorough manner, road delineators, for instance, by their reflection properties or just by their make. It is recommended that parameters are monitored thoroughly, if possible, so as to facilitate interpretations and comparisons of experiments, and implementation of the results at a later stage. For this to be done, it is, however, necessary that sufficient knowledge of the parameters, suitable measuring methods etc. are available.

The various needs of investigations, which are

discussed in chapter 3, 4, and 5 are given concrete form in the proposals of research projects in appendices, A, B, and C respectively. These proposed projects and their mutual relationships are discussed in chapter 6.

The proposals of research projects are quite extensive and they constitute an essential part of the aim of this report, namely to serve as a framework for a continued research within the Nordic countries into optical and visual conditions in night-time driving on roads without fixed road lighting.

As the proposals further represent a considerable research activity, which cannot be carried out within a short time, the proposals should be regarded also as a record of research activities needed in this field at this point.

In later selections and initiations of projects, advantage should, therefore, be taken to recent data gathered in other countries. It might then be appropriate to reduce or modify the projects in order to lighten the total amount of work.

Concerning the report itself, it can be said that its size and complexity reflects the somewhat difficult situation that prevails in matters of night-driving on unlit roads. It is hoped that the report will come to full use, and contribute to a separation of the concepts, and to an increase of the activities and in their co-ordination in this field.

REFERENCER

Allen, M.J.

Vision and highway safety.

Chilton Book Company, Philadelphia, 1970.

Amundsen, Finn H. & Hydén, Chr.

Proceedings: First workshop on traffic conflicts.

Transportøkonomisk institutt, Oslo 1977, 138 s.

Amundsen, Finn H. & Pedersen, Trond O.

Optisk ledning i vegkurver.

TØI-rapport ISBN 82-7133-143-4, Oslo 1976, 23 s.

Amundsen, Finn H. & Ruud, H.H.

Optisk linjeføring.

Arbeidsdokument, TØI, Oslo, 9.1.1979.

Berggrund, U & Rumar, K.

Fotgångarreflexer - egenskaper och synbarhet.

Opublicerad statusrapport.

Psyk. inst. Uppsala Universitet, 1975, 9 s.

Bernstein, A.

Visibility distance through heat absorbing glass.

Journal of the Illuminating Engineering Society,

1978, 7.3 p. 168.

Björkman, M.

An exploratory study of predictive judgements in a traffic situation.

Scand. J. Psychol., No. 2, 1963.

Blackwell, H.P.

Contrast thresholds of the human eye.

Journal of the Optical Society of America, 1946,

36, s. 624-643.

Brekke, B.

Bruk av MTF-metoder for beskrivelse av synsevnevariasjoner hos trafikanter med linsefeil.

EFI-notat 78.08.117, 1978.

Måling av reflektans hos sten.

EFI-notat 79.32-1, 1979.

Lystekniske undersøkelser av personreflekser (brikker).

EFI Teknisk rapport, TR 2530, 1980.

Brüde, U. & Larsson, J.

Väggorsningar inom huvudvägnätet i Södermanlands län.

Del 2. Olycksanalys.

Statens Väg- och Trafikinstitut, Meddelande nr. 36, 1977.

Burghout, F.

About the relationship between reflection properties, composition and texture of road surfaces.

Rapportudkast, KEMA, Holland 1975.

Bø, Olav

Trafikkulykker og personskader i Oslo og Akershus 1968.

Utvalg for trafikksikkerhetsforskning. Rapport nr. 9, Oslo Mai 1970, 328 s.

CIE rapport nr. 7

General recommendations for reflex reflector photography.

CIE, Paris 1960, p. 566-570.

CIE rapport nr. 19

A unified framework of methods for evaluating visual performance aspects of lighting.

CIE, Paris 1972, 90 s.

CIE rapport nr. 30

Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting.
CIE, Paris 1976.

CIE

Terminology of retroreflectors.
Udkast til CIE rapport.

Road surfaces and lighting.

Udkast til CIE rapport.

A report in view of drafting a recommendation for the photometry of retroreflective road-markings.

Udkast til CIE rapport

Davison, P.A.

The role of drivers' vision in road safety.
Lighting Research and Technology, 10, p. 125-135, 1978.

Denton, G.G.

A subjective scale of speed when driving a motor-vehicle.
Ergonomics, 9, s. 203-210, 1966.

DIN 52335

Bestimmung der Optischen Verzerrung von Sicherheits-scheiben für Fahrzeugverglasung.
Entwurf 1978. Deutsches Institut für Normung.

ECE Agreement concerning the adoption of uniform conditions of approval and reciprocal recognition of approval for motor vehicle equipment and parts.
Addendum 2: Regulation No. 3, Reflex reflecting devices, 2. January 1976.

Addendum 19: Regulation No. 20, Asymmetric head-lights, H4 Lamp, 1. September 1976 (Rev. 1).

Economopoulos, I.G.A.

Photometric parameters and visual performance in road lighting.

Technische Hogeschool Eindhoven, Holland, 105 s., 1978

EFI teknisk rapport nr. 1910

Undersøkelse av muligheten for å lage et lett transportabelt instrument for måling av vegdekkers retrorefleksjon.

Hans-Henrik Bjørset & Arne Augdal, Elektrisitetsforsyningens Forskningsinstitutt, Trondheim 1975.

Eide-Olsen, B.

Undersøkelse av billyskastere og deres driftsforhold i praksis.

Hovedoppgave, Norges tekniske Højskole, 1980.

Forsberg, A.

Optiska hjälpmedel på fordonsbelysta vägar.

VTI-rapport nr. 152, 1978.

Frederiksen, E.

Kvalitetskriterier for vejbelysning.

Elektroteknikeren 1968, 22, p. 518.

Undersøgelse vedrørende synsforhold ved automobilkørsel om natten på veje uden faste belysningsanlæg. Lysteknisk Laboratorium, 1969 (rapport).

Garberg, S. & Vaaje, T.

Nytten av forsikringstageres skademeldinger i trafikksikkerhetsarbeidet.

TØI-rapport ISBN-82-7133-282-1, Oslo 1979, 28 s.

Gibson, J.J.

The perception of the visual world.

Houghton & Mifflin, New York 1950.

Glad, Alf

Krav til førere. Syn.

TØI-rapport, 1977.

Hansen, E.R. & Larsen, J.S.

Reflection factors for pedestrian's clothing.

Lighting Research & Technology, Vol. 11, No. 3,

p. 154-157, 1979.

Helmers, G.

Vägens visuella ledning i mörker.

VTI-meddelande nr. 115, 1978.

Samband mellan vägbanans ljusreflexionsegenskaper och hinders och vägmarkeringars synbarhet vid fordonsbelysning i mörker.

Projekt under utførelse, Statens Väg- och Trafikinstitut 1979.

Helmers, G. & Rumar, K.

Halvljusoptimering. Lägesrapport.

Psykologiska institutionen, Uppsala Universitet.

Stencilerad rapport, 14. s., 1973.

High beam intensity and obstacle visibility.

Lighting Research & Technology, Vol. 7, No. 1,

p. 35-42, 1975.

Helmers, G. & Rumar, K. & Ytterbom, U.

Optimering av halvljusets ljusfördelning.

Psykologiska institutionen, Uppsala Universitet.

Stencilerad rapport, 82 s., 1977.

Helmers, G. & Ytterbom, U. & Lundkvist, S.-O.

Siktsträcka till hinder som funktion av vägbanans retroreflexion.

Rapport under arbete. Statens Väg- och Trafikinstitut, Linköping 1980.

Helmers, G. & Åberg, Lars

Förarbeteende i gatukorsningar i relation til företrådesregler och vägutformning. En explorativ studie. VTI-rapport nr. 167, 1978.

Hisdal, B.

Siktforhold i regn og mørke.

Sentralinstituttet for industriell forskning, Oslo 1974.

Justering av nærlys.

SI-rapport. 1. september 1975.

Hvoslef, H.

En analyse av utforkjøringsulykker 1967.

Utvalg for Trafikksikkerhetsforskning, Oslo 1970.

Janoff, M.S. & Koth, B. & McCunney, W. & Berkovitz, M.J. & Freedman, M.

The relationship between visibility and traffic accidents.

Journal of the Illuminating Engineering Society, January 1978, p. 95-104.

Janssen, W.H.

Detection of relative movement of a leading vehicle at night.

Symposium on Road user perception and Decision making. Rom, 1972.

Driver's inability to judge important parameters of leading vehicle movement at night.

Society of Automotive Engineers, 9 s., 1977.

Johansson, G.

Visual motion perception.

Scientific American, June 1975, s. 76-88.

Johansson, G. & Rumar, K.

Visible distances and safe approach speeds for night driving.

Ergonomics 1968, Vol. 11, No. 3, s. 275-282.

A new polarized headlight system.

Lighting Research & Technology 1970, Vol. 2, No.

1, s. 28-32.

Silhouette effects in night driving.

Scan. J. Psychol. 1971, Vol 12.

Justitsministeriet (Danmark)

Cirkulære om vejafmærkning 1977.

Kelly, D.H.

Visual contrast sensitivity.

Optica Acta, 24, p. 107-129, 1977.

Konsumverket (Sverige)

Riktlinjer för fritt hängande fotgängerreflexer.

Rundskriv av 30. mars 1978.

Lee, D.N. & Lishman, R.

Visual control of locomotion.

Scand. J. Psychol. 1977, Vol. 18, No. 3, s. 224-230.

LTL rapport nr. 9

Road surfaces in traffic lighting.

Kai Sørensen & Bjarne Nielsen, Lysteknisk Laboratorium, København 1974.

LTL rapport nr. 10

Road surface reflection data.

Kai Sørensen, Lysteknisk Laboratorium, København 1975.

LTL rapport nr. 15

BELYS, et EDB-program til belysningsberegninger.
Kai Sørensen, Lysteknisk Laboratorium, København
1977.

LTL rapport nr. 17

Calculation of visibility in road lighting.
E. Frederiksen & N. Rotne, Lysteknisk Laboratorium,
København 1978.

LTL rapport nr. 21

Investigation on the contrast sensitivity of the
eye.
Carlos F. Kirschbaum, Lysteknisk Laboratorium, Kø-
benhavn 1979.

LTL informationsgruppe notat nr. 125

Måling af retrorefleksion for vejbelægninger.
Peder Øbro, Lysteknisk Laboratorium, København 1979.

LTL informationsgruppe notat nr. 130

Reflection properties of road markings in vehicle
headlight illumination.
Sven-Olof Lundkvist, VTI og Kai Sørensen, LTL.
Lysteknisk Laboratorium, København 1980.

Lundkvist, S.-O.

Comparison of three instruments for the measurement
of the specific luminance of road markings.
VTI-rapport 188 A, Väg- och Trafikinstitutet, Sve-
rige 1980.

Moerman, J.J.B.

Accuracy of photometry of retroreflectors and Re-
troreflective materials.
Lighting Research & Technology 1977, Vol. 9, p. 85-92.

Morris, R.S. o.a.

Field study of driver visual performance during rainfall.

Texas Tranp. Inst., College Station 1977.

Mörkertrafik rapport nr. 1

Bländing från belysningsanläggningar vid siden av vägen.

Nordisk forsknings- og udviklingssamarbejde vedrørende synsbetingelser ved mørketrafik, 1977.

Mörkertrafik rapport nr. 2

Vägbeläggnings ljustekniska egenskaper.

Nordisk forsknings- og udviklingssamarbejde vedrørende synsbetingelser ved mørketrafik, 1978.

Mörkertrafik

Measurement of retroreflection of road surfaces and road surface markings.

Brev til CIE komite TC-2.3, Nordisk forsknings- og udviklingssamarbejde vedrørende synsbetingelser ved mørketrafik, 1978.

National Safety Council

Motorcycle safety, 1970.

NCHRP

Highway fog.

NCHRP-report, Transportation Research Board, Washington D.C., 1975.

Nordisk Vegteknisk Forbund (NVF)

Färdtekniska grundvärden.

Rapport nr. 5, 1976.

Norling, I.

Judgement of speed in a traffic situation. An experimental study.

Almqvist & Wiksell, Uppsala 1963.

Det Norske Meteorologiske Institutt

Værdatabaser Oslo, Bergen og Trondheim 1974-78.

Det Norske Meteorologiske Institutt, Oslo 1979.

OECD

Driver behaviour.

OECD-report, Paris 1970.

Lighting, visibility and accidents.

OECD-report, Paris 1971.

Adverse weather, reduced visibility and road safety.

OECD-report, Paris 1976, 1.

Hazardous road locations. Identification and counter measures.

OECD-report, 1976, 2, Paris, 108 p.

Overington, I.

Vision and acquisition.

Pentech Press, 1976.

Paulsen, H. Schieldrup

Optisk meteorologiske faktorerers betydning for trafikken.

Trygg Trafikk's kildetekster, Oslo 1963.

Reason, J.

Man in motion: The psychology of travel.

London 1974, s. 85-102.

Richards, O.W.

Visual needs and possibilities for night automobile driving.

Bibliografi. American Optical Corporation, Sough-bridge, Massachusetts 1967, 194 s.

Roper, V.J.

Nighttime seeing through heat absorbing windshields.
Highway Research Board, Bulletin No. 68, Jan. 1953.

Rumar, K.

Visibility distances with halogen and conventional
headlights.

Scand.Journal of Psychology 1974, 15, p. 21-25.

Pedestrian safety in night driving.

International conference on pedestrian safety,
20.-23. December 1976, Haifa, Israel.

Human factors in night traffic. Visual performance
and driver screening.

OECD-report: Road safety at night, Chapter 4,
Paris 1980.

Rumar, K. & Berggrund, U.

Overtaking performance under controlled conditions.
Report 148, Dept. of Psychol. Univ. of Uppsala 1973.

Rumar K. & Helmers, G. & Thorell, M.

Obstacle visibility with European halogen H₄ and
American sealed beam headlights.

Report 133, Dept. of Psychol. Univ. of Uppsala 1973.

Rådet for Trafiksikkerhedsforskning rapport nr. 12

Blending på motorveje.

E. Frederiksen & N.O. Jørgensen, Rådet for Trafik-
sikkerhedsforskning, København 1972.

Rådet for Trafiksikkerhedsforskning rapport nr. 23

Forhold af betydning for knallertkøreres sikkerhed
i trafikken 1979.

Samferdselsdepartementet (Norge)

Forskrifter for fritthengende fotgjengerreflekser.
Rundskriv av 13. Juni 1978.

Serres, A.-M.

La visibilité de nuit des marques routièrès et sa mesure, un nouvel appareil de chantier l'Ecolux. Artikeludkast, Section des peintures et signalisation, Laboratoire Central, Frankrig 1978.

Spolander, K. & Laurell, H. & Nilsson, G. & Pettersson, H.-E.

Bilföräres hastighetsanpassning.
Meddelande 151, Statens Väg- och Trafikinstitut, Linköping 1979.

Stadler, G.

Einfluss einer verschmutzten Windschutzscheibe auf die Sichtverhältnisse beim nächtlichen Strassenverkehr.

Lichttechnik 1964, p. 352.

Statens Vägverk

Väggkantsreflektorer på snöstör.
Intern rapport nr. 15, 1976-10.

Färdtekniska grundvärden.

Anvisning, 1977-11.

Visuell ledning. Redovisning av delresultat från förförsök med reflektorer på snöstör - Kantstolpar.
Ove Åkerlund, PM, 1979-02. Slutrapport ventes 1980.

Väggkantsmarkeringar.

Anvisning VIII, 1979-06.

Vägmarkeringar.

Anvisning.

Stigre, S.A.

Review of technical research and practice regarding the road, its equipment and road traffic. Vegdirektoratet, Oslo. OECD-rapport (Road research group TS3), 1978.

Summala, H. & Merisalo, A.

Measuring the lateral position of vehicles on the road: System and preliminary results. Traffic Engineering & Control, Juli 1978, p. 328-330.

Tracor Jitco, Inc.

Formulation of a realistic windshield and headlight dirt film. National Technical Information Service, Springfield, HS. 256-3-542, 1973.

Trafiksäkerhetsverket

Föreskrifter om vägmärken och trafikanordningar. Statens Trafiksäkerhetsverk, Borlänge 1980.

Transportøkonomisk Institutt (TØI)

Lystekniske funksjonskrav på ubelyste veger. Optisk linjeføring. Arbeidsdokument (9.1.1979), TØI 1979, Oslo.

Vegdirektoratet

Spesifikasjon for refleksfilm til trafikkskilt. Vegdirektoratets Innkjøpskontor, 1975.

Bruk av optiske virkemidler i vegtrafikken. Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, Oslo 1976.

Veglaboratoriet intern rapport nr. 826

Lysteknisk klassifisering av vegdekker. S. Dørum, Veglaboratoriet, Oslo 1978.

Veglaboratoriet intern rapport nr. 899

Retrorefleksjonsmålinger på termoplastmaterialer. O.E. Ruud, Veglaboratoriet, Oslo 1979.

Vejdirektoratet

Vejregler for afmærkning på kørebanen.

Vejregelforslag 9.1.07 Udstyr 1979.

Vejbelysning Håndbog 9.20.05 Udstyr 1979.

Vejregelsekretariatet, vejregelforberedende rapport nr. 3

Afmærkning på kørebanen, materialer, krav, udførelse og økonomi.

Vejregelsekretariatet, København 1978.

Vos, J.J.

On mechanisms of glare.

Institute for Perception RVO-TNO, Soesterbery, Holland, 92 s., 1962.

VTI intern rapport nr. 89

Uppföljning av fältförsök med olika material för trafiklinjemarkering 1969-1970.

Erland Persson, Statens Väg- och Trafikinstitut, Sverige 1972.

VTI intern rapport nr. 93

Undersökning av trafikmarkeringsmaterial i Statens Väg- och Trafikinstituts provvägmaskin.

Erland Persson, Statens Väg- och Trafikinstitut, Sverige 1972.

VTI intern rapport nr. 150

Vägbeläggningars ljusreflexionsegenskaper. - Uppföljning av fältförsök 1971-1973.

Erland Persson & Arne Forsberg, Statens Väg- och Trafikinstitut, Sverige 1973.

VTI

Uppmätning av nya vägbanerefleixer på E4 Söder Nyköping, 1978-11-01.

Notat.

Widén, S.

Mörkertrafikolyckor.

En litteraturstudie. Rapport nr. 56, Statens Väg-
och Trafikinstitut, Stockholm 1974.

Woodworth, R.S. & Schlosberg, H.

Experimental psychology revised edition.

Holt, Rinehart and Winston, New York 1962.

Zaccherini, F.

Systematic photometric control of mass produced
headlights.

Statens Provningsanstalt, Rapport, Stockholm 1970.

BILAG APROJEKTFORSLAG TILKNYTTET KAPITEL 3. PARAMETRE I
DEN LYTEKNIISKE FUNKTION

<u>Indholdsfortegnelse</u>	<u>Side</u>
A.1.1 - Vejbølægnings og vejafmørknings re- fleksionssegenskaber - Opbygning af môleapparat til komplette môlenger	211
A.1.2 - Vejbølægnings og vejafmørknings re- fleksionssegenskaber - Vinkelafhængigheden for vejbølægnings specifikke luminans	217
A.1.3 - Vejbølægnings og vejafmørknings re- fleksionssegenskaber - Vejbølægnings specifikke luminans i relation til vejbølægnings sammen- sætning og slidtilstand	221
A.2.1 - Vejbølægnings og vejafmørknings re- fleksionssegenskaber - Vinkelafhængigheden for vejafmørknings specifikke luminans	225
A.2.2 - Vejbølægnings og vejafmørknings re- fleksionssegenskaber - Vejafmørknings speci- fikke luminans i relation til afmørknings art, sammensætning og slidtilstand	229
A.3.1 - Refleksanordninger: Apparat for môleng av retrorefleksjonsevnen hos vegbane- og veg- kantreflektorer	233
A.3.2 - Refleksanordninger: Forbedring av retro- refleksjonsegenskapene hos vegbane- og vegkant- reflektorer under påvirkning av smuss og nedbør	235
A.3.3 - Refleksanordninger: Optimalisering av de lystekniske egenskapene hos retroreflektorer brukt som faste markeringer i vegtrafikken	237

A.4.1 - Betydningen af vanddråber, snavs og
ridser for lysets spredning i bilruder 239

A.4.2 - Måling af lysets brydning i bilruder
under praktiske forhold 243

Projekt A.1.1, A.1.2, A.1.3, A.2.1 og A.2.2 er fore-
slået af Kai Sørensen, LTL

Projekt A.3.1, A.3.2 og A.3.3 er foreslået af Bjørn
Brekke, NTH/EFI

Projekt A.4.1 og A.4.2 er foreslået af Erik Randrup
Hansen, LTL

A.1.1 - VEJBELÆGNINGERS OG VEJAFMÆRKNINGERS REFLEKSIONSEGENSKABER - OPBYGNING AF MÅLEAPPARAT TIL KOMPLETTE MÅLINGER

1. Projektets formål

Projektets formål er tilvejebringelse af et måleapparat til udmåling af vejbelægnings refleksionsegenskaber i belysning fra billygter, herunder både bilistens egne lygter og lygter på modkørende biler. Apparatet skal være brugbart for både tørre og fugtige eller våde vejbelægninger og afmærkninger, og må have udstyr til frembringelse af reproducerbare fugtige og våde tilstande.

2. Projektbeskrivelse

Projektet består af følgende dele:

- a. Opstilling af apparatspecifikationer, herunder målevinklernes variationsområder, aperturnvinkler, målefeltdimensioner, apparatets optiske principper, følsomhed, grad af automatisering m.v.
- b. Valg af apparatets principielle opbygning, herunder lyskilde og belysningssystem, detektorer og målesystem, metode til variation af målevinkler, metode til montering, opretning og befugtning af måleemnet, metode til kalibrering m.v.
- c. Valg af apparatets mekaniske opbygning, valg af apparatkomponenter som strømforsyning, forstærker, registreringsudstyr, automatiseringsudstyr m.v.
- d. Detailprojektering og fremstilling af apparat.
- e. Afprøvning og evt. tilpasning af apparat,

fremstilling af betjeningsvejledning, udformning af måleskemaer m.v.

f. Rapportering.

3. Foreløbige apparatspecifikationer

3.1 Målevinklernes variationsområde

Målegeometrien fastlægges ved de tre vinkler ϵ , α og β , som er defineret i afsnit 3.2 i rapporten. Målestørrelsen er den specifikke luminans, SL (ϵ , α , β), som ligeledes er defineret i afsnit 3.2.

Observationsvinklen, α , d.v.s. vinklen mellem observationsretningen og vejens plan, afhænger af øjenhøjden over kørebanen og observationsafstanden.

For øjenhøjden har den skandinaviske koordineringsgruppe for mørketrafikforskning i et brev af 13.6.78 anbefalet 1,2 m for personbiler. NVF angiver, at Finland, Norge og Sverige anbefaler 1,1 m og Danmark 1,0 m for beregning af sigtstrækning. NVF behandler ikke spørgsmålet om øjenhøjde for lastbil- og buschauffører.

Overvejelser vedrørende observationsafstanden må gå på, at den afstand, som man af hensyn til den visuelle føring må kunne se striber o.l. på, er ca. 100 m, medens den korteste relevante afstand må være af størrelsesordenen 30 m. Dette fører til observationsvinkler, som varierer mellem $0,57^\circ$ og $4,76^\circ$.

Indfaldsvinklen, ϵ , d.v.s. vinklen mellem belysningsretningen og vejens plan, afhænger af lygtehøjden og afstanden mellem projektør og observationssted.

NVF diskuterer ikke lygtehøjden. Koordinerings-

gruppen har i brev af 13.6.78 foreslået højden 0,65 m for personbiler. P.t. kendes ingen tal for lastbiler, men som et foreløbigt grundlag menes 1,2 m at være rimelig.

For belysning fra bilistens egne lygter er det naturligt at regne med de samme afstande som de ovenfor nævnte observationsafstande (30-100 m). For belysning fra modkørende bilers lygter er der ikke på forhånd grund til at benytte samme begrænsninger, men de 100 m (svarende til $\epsilon = 0,37^\circ$) vil i hvert fald nok nogenlunde angive grænsen for det måleteknisk mulige.

Variationsområdet for ϵ bliver således $0,37^\circ$ til ca. $2,3^\circ$.

Azimuthvinklen, β , d.v.s. vinklen mellem de to lodrette planer gennem belysnings- og observationsretning har især betydning ved belysning af modkørende bilers lygter. Der må regnes med, at en modkørende bil kan befinde sig flere kørespor forskudt til siden for observationsstedet, og yderligere sidder den fjerneste lygte endnu mere forskudt til siden. Vinkelområdet kan derfor sættes til 0° til ca. 17° svarende til en forskydning til siden på to kørespor plus yderligere 2 m ved en indbyrdes afstand mellem køretøjerne ned til 30 m.

For belysning fra bilistens egne lygter har man hidtil set bort fra denne vinkels indflydelse, men dette bør undersøges nærmere, og det er næppe tilladeligt for afmærkningsmaterialer, som indeholder glasperler eller andre retroreflekterende elementer. Idet der regnes med at en lygte kan sidde forskudt op til ca. 2 m til siden for observationsstedet, fås ved afstande ned til 30 m et variationsområde for β mellem 180° og ca. 176° .

3.2 Aperturvinkler

Ved måling af retrorefleksion har koordineringsgruppen foreslået aperturvinkler på 20' for både belysnings- og observationssystemer. Det er dog tvivlsomt, om dette er tilstrækkeligt ved mere grundlæggende målinger, som apparatet sigter mod.

Der kan anlægges to synspunkter. For det første kan man søge at tilnærme sig de praktiske forhold. Med en bilprojektør med en diameter på 0,15 m og en belysningsafstand på 100 m bliver projektørens aperturvinkel ca. 5'. Aperturvinklen for et øje med pupildiameter på 5 mm og observationsafstand på 100 bliver 0,17'. Der synes dog ikke at være nogen grund til at observationssystemet skal have en væsentlig mindre aperturvinkel end belysnings-systemet.

Denne betragtning fører altså til en aperturvinkel på ca. 5' for både belysnings- og målesystem.

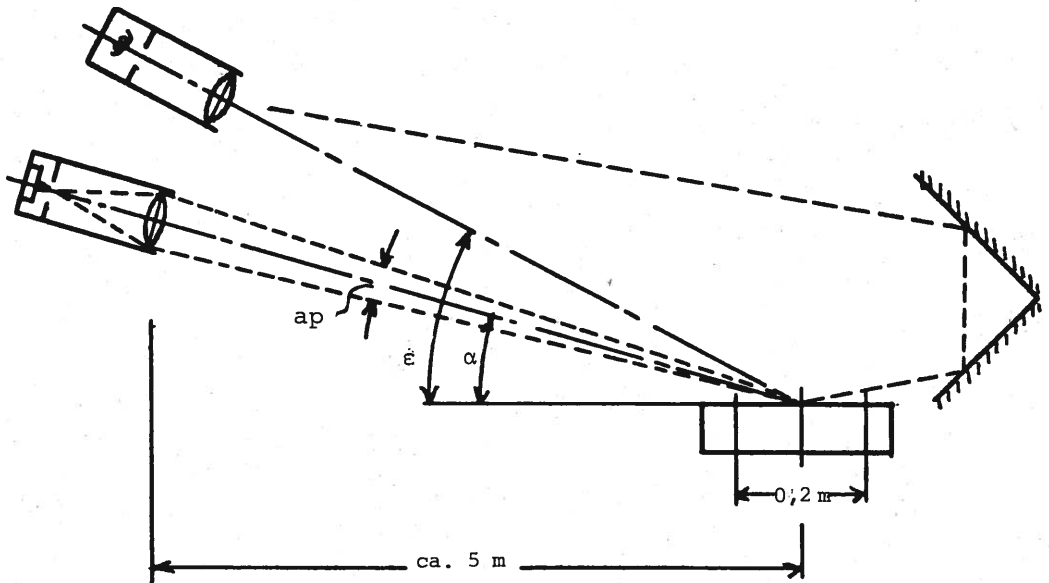
For det andet kan man overveje, hvor store aperturvinklerne bør være i forhold til belysnings- og observationsvinklerne α og ϵ , uden at disse bliver for ubestemte. Med en mindste belysningsvinkel på $0,37^\circ$ vil en aperturvinkel på 5' give en ubestemthed på ca. 21 %. For den mindste observationsvinkel på $0,57^\circ$ bliver ubestemtheden tilsvarende 15 %.

Så store ubestemtheder i belysnings- og målevinkler vil givetvis påvirke måleresultaterne, men da de på den anden side afspejler de virkelige forhold, vil dette formodentlig være acceptabelt.

3.3 Skitse af princip for måleapparat

Nedenstående figur viser en måleopstilling, som bygger på det princip, at både målesystem og belysningsystem er små i forhold til afstanden til

målefeltet og dets størrelse. Begge optiske systemer er fokuseret på målefeltet, og aperturvinklerne bestemmes altså her af objektivstørrelsen. Både målesystem og belysningssystem skal kunne bevæges i lodret plan for at kunne realisere de forskellige vinkler, og på en sådan måde, at de stadig er rettet mod målefeltet. En automatisk bevægelse vil formentlig være nødvendig for at ret omfattende målinger skal kunne gennemføres hurtigt (våde tilstande). Ved hjælp af et spejlsystem vil samme belysningssystem kunne benyttes både ved retrorefleksions- og spejlende reflektionsmålinger.



Med de viste dimensioner vil en aperturvinkel på $5'$ svare til objektivdiametre på $7,3 \text{ mm}$. Hvis der i belysningssystemet benyttes en halogenglødelampe vil belysningsstyrken i lodret plan ved målefeltet være ca. 30 lux . Hvis de laveste retrorefleksioner, som skal måles, er ca. $0,001 \text{ (cd/m}^2\text{)/lux}$, bliver luminansen af målefeltet ca. $0,03 \text{ cd/m}^2$.

Der vil utvivlsomt opstå problemer med apparatets

følsomhed ved disse niveauer, og man bør overveje, om andre lyskilder vil kunne benyttes (f.eks. udladningslamper, elektronblitz o.l.).

Også målefeltets udstrækning giver en vis ubestemthed på belysnings- og observationsvinklerne, men med de viste dimensioner bliver denne ubestemthed kun ca. 4 %, og er altså ubetydelig i forhold til den ubestemthed, som forårsages af aperturvinklerne.

4. Arbejdets omfang

Tilvejebringelse af et apparat med de her antydede specifikationer er en betydelig opgave. Arbejdet skønnes at kræve ca. 500 ingeniørtimer, ca. 600 teknikertimer og udlæg af størrelsen ca. kr. 30.000.

A.1.2 - VEJBELÆGNINGERS OG VEJAFMÆRKNINGERS REFLEKSIONSEGENSKABER - VINKELAFHÆNGIGHEDEN FOR VEJBELÆGNINGERS SPECIFIKKE LUMINANS

1. Projektets formål

Projektet har til formål at afklare de geometriske forholds betydning for vejbelægningsrefleksionsegenskaber i belysning fra dels bilistens egne lygter og dels modkørende bilers lygter, således at der skabes et grundlag for simplificeret beskrivelse og måling af refleksionsegenskaberne. Projektet omfatter både tørre og fugtige vejbelægningsforhold.

For den situation, hvor kørebanen belyses af bilistens egne lygter, har det særligt interesse at afprøve de beskrivende egenskaber af den specifikke luminans for den målegeometri, som er foreslået af den nordiske koordineringsgruppe for mørke trafikundersøgelser, og som allerede anvendes hos flere laboratorier og institutter i de nordiske lande.

2. Projektbeskrivelse

Projektet er tænkt gennemført som en vekselvirkning mellem modelbetragtninger over refleksionens natur og afprøvning af modelbetragtningernes konsekvenser ved komplette målinger på et repræsentativt udvalg af vejbelægningsforhold. Til målingerne benyttes det i projekt A.1.1 udviklede apparat eller et lignende apparat.

Projektet består derfor af følgende dele:

- a. Opstilling af modelbetragtninger for den situation, hvor kørebanen belyses af bilistens egne lygter.
- b. Opstilling af modelbetragtninger for den si-

tuation, hvor kørebanen belyses af lygter fra modkørende biler.

- c. Udvalgelse og evt. optagning og klargøring af et sæt af prøver for forskellige vejbelægnin-
ger til afprøvning af modelbetragtningerne.
- d. Nærmere udvælgelse af de geometriske forhold,
som skal indgå i afprøvningen.
- e. Udmåling af den specifikke luminans for samt-
lige prøver i både tør og fugtige tilstande
og i samtlige udvalgte geometrier.
- f. Sammenstilling af måleværdier med modelbe-
tragtningerne for de under a. og b. nævnte
situationer.
- g. Udpegelse af parametre til simplificeret be-
skrivelse og måling af refleksionsegenskaber-
ne.
- h. Rapportering.

3. Modelbetragtningernes natur

For den situation, hvor kørebanen belyses af bi-
listens egne lygter, foreligger der særligt simp-
le forhold.

Når belysnings- og observationsretningerne ligger
i samme lodrette plan ($\beta = 180^\circ$), og det i øvrigt
forudsættes, at observationsvinklen er større end
belysningsvinklen ($\alpha > \epsilon$), er samtlige belyste fla-
der i vejbelægningens overfladestruktur også syn-
lige. Lysstyrken af det reflekterende lys findes
da ved summation af de belyste fladers luminans
gange deres tilsyneladende areal. Da en flades
tilsyneladende areal er større, jo mere den er o-
rienteret mod de næsten sammenfaldende belysnings-

og observationsretninger, og da fladens belysningsstyrke og dermed dens luminans vokser samtidig hermed, findes, at lysstyrken af det reflekterende lys især skyldes flader med en væsentlig orientering mod de ovennævnte retninger.

En ændring af observationsvinklen, α fører dermed kun til en lille ændring af de vigtigste fladers bidrag til den reflekterede lysstyrke, som dermed bliver omtrent uændret. Det samlede felts tilsyneladende areal er derimod proportional med observationsvinklen, hvorved den specifikke luminans må antages at blive omvendt proportional med observationsvinklen. Sagt på en anden måde, bliver skyggerne i strukturen mere eller mindre dominerende, når observationsvinklen sænkes eller øges.

En ændring af belysningsvinklen, ϵ fører derimod til en ændring af de belyste fladers samlede tilsyneladende areal, men ikke til en ændring af det samlede felts tilsyneladende areal. Dersom de belyste fladers gennemsnitlige luminans ikke påvirkes væsentligt heraf, er den specifikke luminans omtrent proportional med belysningsvinklen. Denne lovmæssighed er ikke så sikker som den førstnævnte og svigter i hvert fald på kortere afstande, hvor de ofte mørke bunddele af vejbelægningerne gør sig gældende.

Når det endvidere antages, at en lille forskydning af observationsretningen bort fra det lodrette plan gennem belysningsretningen ikke fører til nogen væsentlig afdækning af belyste flader i strukturen fås, at vinklen β kun har lille indflydelse i området omkring 180° .

For den situation, hvor kørebanen belyses af en modkørende bils lygter, er forholdene mere komplicerede. Betragtningerne må angå populationen af

flader, hvis orientering passer for ideel spejlende refleksion, og som er uafskærmede i både belysnings- og betragtningsretning. Betragtningerne er derfor vanskeligere at gennemføre, og de leder måske ikke til ganske klare lovmæssigheder, men kan på den anden side utvivlsomt give væsentlige informationer om geometriens betydning til gavn ved planlægning af målingerne og ved fortolkning af disse.

4. Arbejdets omfang

Arbejdet skønnes at omfatte ca. 150 ingeniørtimer til opstilling af modelbetragtninger, ca. 50 ingeniørtimer til planlægning af målinger, evt. 100 teknikertimer til optagning og klargøring af prøver, ca. 200 teknikertimer til gennemførelse af målinger og endelig ca. 200 ingeniørtimer til analysering af målinger og rapportering.

Arbejdet omfatter således ialt 400 ingeniørtimer og 200-300 teknikertimer, hvortil kommer udlæg af størrelsen ca. kr. 15.000.

A.1.3 - VEJBELÆGNINGERS OG VEJAFMÆRKNINGERS REFLEKSIONSEGENSKABER - VEJBELÆGNINGERS SPECIFIKKE LUMINANS I RELATION TIL VEJBELÆGNINGENS SAMMEN- SÆTNING OG SLIDTILSTAND

1. Projektets baggrund og formål

Vejbelægningens refleksionssegenskaber gør sig utvivlsomt gældende på forskellige måder under mørkekørsel på ubelyst vej.

Vejbelægningens lyshed, d.v.s. dens specifikke luminans i belysning fra bilistens egne lygter, bestemmer således sammen med belysningen de luminanser, der opstår på kørebanen, og har betydning for kontrasterne og synligheden af vejafmærkninger og objekter på kørebanen.

Vejbelægningens spejlingsegenskaber, d.v.s. dens specifikke luminans i belysning fra modkørende bilers lygter, har desuden betydning for udviskning af kontrastforhold i mødesituationer, samt for indirekte blanding ved spejling i vejbelægningen.

Vejbelægningens refleksionssegenskaber i både tørt og fugtigt føre har interesse.

Af hensyn til forskning vedrørende mørkekørsel på ubelyst vej, og af hensyn til eventuelle senere normer og regler for vejbelægningens egenskaber er det vigtigt, at der foretages en katalogisering af refleksionssegenskaberne af almindeligt benyttede vejbelægninger i forskellige slidtilstande. Ved en sådan katalogisering bør de i projekt A.1.2 og A.2.1 udviklede beskrivelsesparametre benyttes.

Eksisterende måledata, hvoraf der findes en del fra de seneste ca. 10 år, bør udnyttes i videst mulig grad, men en række forhold gør, at de må

vurderes, bearbejdes og suppleres med yderligere måledata.

2. Projektbeskrivelse

Projektet består af følgende dele:

- a. Indsamling, vurdering og bearbejdning af eksisterende måledata.

Vurderingen af eksisterende data sigter mod disses pålidelighed og nøjagtighed. En del eksisterende data kan formentlig kun benyttes i en relativ målestok, da skandinaviske sammenlignende målinger har afsløret forskellige systematiske målefejl hos tidligere målinger. Bearbejdningen af de eksisterende data har til formål at gøre dataene umiddelbart sammenlignelige, ved at de om muligt omregnes til de i projekt A.1.2 og A.2.1 udviklede beskrivelsesparametre. Under denne omregning benyttes de i de foregående projekter fundne geometriske lovmæssigheder. Bearbejdningen har endvidere til formål at opstille de eksisterende data i overskuelig form i tabeller og diagrammer.

- b. Påpegelse af manglende og usikker information og planlægning af målinger til afhjælpning heraf.

I de eksisterende data er der kun få oplysninger om vejbelægningsers spejlende egenskaber, og på en række andre punkter vil der utvivlsomt vise sig en mangel på information. Usikker information angår f.eks. de eksisterende data's pålidelighed i en absolut målestok.

Supplerende målinger gennemføres formentlig mest bekvemt ved brug af et transportabelt apparat under rundrejse til en række vejstrækninger, som udpeges på forhånd. Vejbelægningerne på disse vejstrækninger må være inte-

ressante og have kendt sammensætning, trafikbelastning og alder.

Af hensyn til afklaring af refleksionsegenskaberne afhængighed af vejbelægningsens slid og ælde bør rundrejsen gentages med mellemrum over en kort årrække.

c. Gennemførelse af målingerne.

Projektet omfatter ikke udvikling af måleudstyr og målemetoder. Det forudsættes således, at der i forvejen findes et egnet transportabelt måleapparat, samt at der er udviklet metode til at bringe vejbelægningen i reproducerbare og repræsentative fugtige tilstande. Det forudsættes endvidere, at vejmyndigheder efter nærmere aftale vil medvirke til afspærring af de pågældende vejstrækninger, mens målingerne foretages.

d. Sammenstilling af alle data vedrørende vejbelægningsens refleksionsegenskaber, sammensætning og slidtilstand.

e. Rapportering.

3. Arbejdets omfang

Arbejdet skønnes at omfatte ca. 150 ingeniørtimer til indsamling, vurdering og bearbejdning af eksisterende måledata. Derefter skønnes påpegelse af manglende og usikker information og planlægning af målinger til afhjælpning heraf at kræve ca. 100 ingeniørtimer.

For hver målerunde medgår formentlig ca. 20 ingeniørtimer til planlægning og forberedelse og ca. 60 teknikertimer til gennemførelse af målingerne. Herved kan der formentlig måles på ca. 20 vejbelægnings, som geografisk set er nogenlunde samlede.

Sammenstilling af data kræver ca. 140 ingeniørtimer og rapportering yderligere ca. 140 ingeniørtimer.

Hele projektet estimeres således til ca. 610 ingeniørtimer og ca. 240 teknikertimer ved gennemførelse af 4 målerunder. Hertil kommer udlæg af størrelse ca. kr. 25.000.

A.2.1 - VEJBELÆGNINGERS OG VEJAFMÆRKNINGERS REFLEKSIONSEGENSKABER - VINKELAFHÆNGIGHEDEN FOR VEJAFMÆRKNINGERS SPECIFIKKE LUMINANS

1. Projektets formål

Nogle vejafmærkninger afviger strukturelt eller optisk set fra vejbelægninger, således at de geometriske lovmæssigheder for den specifikke luminans, som findes for vejbelægninger i projekt A.1.2, ikke gælder i almindelighed for vejafmærkninger.

Projektet har til formål at påvise hvilke afmærkninger, der kan sidestilles med vejbelægninger, og hvilke, der udviser specielle forhold. Sådanne specielle forhold undersøges nærmere med henblik på videreudvikling af grundlaget for simplificeret beskrivelse og måling af vejafmærkningers refleksionsegenskaber i belysning fra billygter. Projektet omfatter både tørre og fugtige vejafmærkninger samt belysning fra bilistens egne lygter og belysning fra modkørende bilers lygter.

2. Projektbeskrivelse

Projektet støtter sig stærkt til det tilsvarende projekt A.1.2 for vejbelægninger og kan evt. udføres samtidig med dette projekt. Nærværende projekt tænkes udført som vurdering af gyldigheden af modelbetragtningerne for vejbelægninger for hver enkelt type afmærkning, evt. justering af modelbetragtningerne og derefter afprøvning ved komplette målinger på alle almindeligt benyttede afmærkninger.

Projektet består af følgende dele:

- a. Vurdering af modelbetragtningernes gyldighed og evt. justering af modelbetragtningerne for

den situation, hvor kørebanen belyses af bilistens egne lygter.

- b. Vurdering af modelbetragtningernes gyldighed og evt. justering af modelbetragtningerne for den situation, hvor kørebanen belyses af modkørende bilers lygter.
- c. Udvalgelse og i fornødent omfang optagning og klargøring af et sæt af prøver for forskellige afmærkninger til afprøvning af modelbetragtningerne.
- d. Nærmere udvælgelse af de geometriske forhold, som skal indgå i afprøvningen.
- e. Udmåling af den specifikke luminans for samtlige prøver i både tørre og fugtige tilstande og i samtlige udvalgte geometrier.
- f. Sammenstilling af måleværdier med modelbetragtningerne for de under a. og b. nævnte situationer.
- g. Vurdering af forholdene for de enkelte typer afmærkninger og evt. udpegelse af yderligere parametre til beskrivelse og måling af vejafmærkningers refleksionsegenskaber.

3. Særlige problemstillinger

Mange typer afmærkninger indeholder retroreflekterende glasperler, som, i hvert fald indtil afmærkningerne bliver for slidte, præger den specifikke luminans i belysning af bilistens egne lygter.

Vinkelafhængigheden af glasperlernes retrorefleksion kan da influere på hele afmærkningens egenskaber, således at den specifikke luminans kan

forventes at aftage med vinklen mellem observations- og belyningsretning. Der må således forventes en aftagende specifik luminans både med aftagende afstand til afmærkningen, især ved korte afstande, samt med forskydning af lygten ud til siden for observatøren.

Yderligere kan det tænkes, at perlernes placering i afmærkningens overflade spiller en rolle. Hvis perlerne fortrinsvis sidder i højtliggende dele af strukturen, vil deres andel af afmærkningens tilsyneladende areal og dermed dennes specifikke luminans tendere til at vokse med afstanden til afmærkningen. Dette kunne være tilfældet for iblandede perler, der frigøres ved slid af afmærkningen, mens det omvendte forhold kunne gøre sig gældende for påstrøgne perler, idet de øverstliggende perler formentlig hurtigst bortslides.

Endelig kan det have betydning, hvor dybt perlerne er fæstnede i overfladen, d.v.s. hvor stor en del af perlerne, der er omsluttet af materiale. Perler, som er ret dybt fæstnede, har formentlig størst retroreflekterende virkning ved ret store belyningsvinkler, således at den specifikke luminans tenderer til at aftage med afstanden til afmærkningen.

For afmærkninger uden retroreflekterende glasperler kan den specifikke luminans ved belysning af bilistens egne lygter påvirkes af særlige strukturelle forhold.

Malede afmærkninger, som er slidte i toppen af strukturen, vil formentlig udvise en aftagende specifik luminans med voksende afstand til afmærkningen.

Overfladebehandlinger med lyse sten har en så

kraftig struktur, at der måske kan gøre sig specielle forhold gældende, f.eks. en kraftig virkning af en forskydning af lygterne ud til siden.

Ved belysning fra modkørende biler har glasperler i afmærkningen formentlig ingen speciel virkning. Afmærkninger med særlig ringe eller særlig kraftig struktur kan måske udvise usædvanlige forhold.

4. Arbejdets omfang

Arbejdet skønnes at omfatte ca. 50 ingeniørtimer til vurdering af modelbetragtningernes gyldighed og evt. ændring af disse, ca. 25 ingeniørtimer til planlægning af målinger, evt. ca. 100 teknikertimer til optagning og klargøring af prøver, ca. 150 teknikertimer til gennemførelse af målinger og endelig ca. 150 ingeniørtimer til analysering af målinger og rapportering.

Arbejdet omfatter således ialt ca. 225 ingeniørtimer og 150-250 teknikertimer, hvortil kommer udlæg af størrelsen ca. kr. 15.000.

A.2.2 - VEJBELÆGNINGERS OG VEJAFMÆRKNINGERS REFLEKSIONSEGENSKABER - VEJAFMÆRKNINGERS SPECIFIKKE LUMINANS I RELATION TIL AFMÆRKNINGENS ART, SAMMENSÆTNING OG SLIDTILSTAND

1. Projektets baggrund og formål

For at vejafmærkninger kan fungere efter deres hensigt også under mørkekørsel på ubelyst vej, bør de have rimeligt gode refleksionsegenskaber i belysning fra billygter.

Den vigtigste egenskab hos vejafmærkningen i så henseende er utvivlsomt dens lyshed, d.v.s. dens specifikke luminans i belysning fra bilistens egne lygter.

Vejafmærkningens spejlingsegenskaber, d.v.s. dens specifikke luminans i belysning fra modkørende bilers lygter, har dog også betydning ved i mødesituationer at medvirke til at bestemme afmærkningens luminans og kontrast til vejbelægningen.

Da fugtigt føre optræder hyppigt, og fører til kritiske forhold, er afmærkningens refleksionsegenskaber i fugtigt føre lige så vigtige som i tørt føre.

Af hensyn til forskning vedørende mørkekørsel på ubelyst vej og af hensyn til eventuelle senere normer og regler på området, er det vigtigt, at der tilvejebringes god viden om vejafmærkningers specifikke luminans i relation til afmærkningens art, sammensætning og slidtilstand.

Eksisterende måledata bør udnyttes fuldt ud til opstilling af disse relationer, men, som det også gælder for vejbelægninger, må de eksisterende data vurderes, bearbejdes og suppleres med yderligere målinger. Herunder bør afmærkningers reflek-

sionsegenskaber udtrykkes i de i projekt A.1.2 og A.2.1 udviklede beskrivelsesparametre.

2. Projektbeskrivelse

Projektet minder stærkt i indhold og karakter om det tilsvarende projekt A.1.3 for vejbelægninger, hvortil der henvises angående en nærmere beskrivelse. De supplerende målinger for vejbelægninger og vejmarkeringer kan evt. udføres samtidigt, hvorved der udmærket kan opnås en reduktion af de to projekters samlede omfang.

Af særlige problemstillinger for vejafmærkninger, som bør afklares inden for nærværende projekt, bør der i øvrigt nævnes værdien af retroreflekterende glasperler i afmærkningens overflade. Det synes ikke bevist, at glasperler vedvarende, og især ikke i vådt føre, giver et markant bidrag til afmærkningens lyshed. Der kan derfor være en fare i, at man ved valg af afmærkningens type og sammensætning forlader sig på virkningen af glasperler og ignorerer andre betydningsfulde forhold, som materialets lyshed og afmærkningens overfladestruktur.

Retroreflekterende glasperler bør dog under de rette forhold kunne have en væsentlig virkning, og projektet kan muligvis medvirke til at afklare de ydre forholds betydning. Ligeledes bør afmærkninger, som bruger andre retroreflekterende elementer, om muligt inkluderes i projektet.

En yderligere særlig problemstilling for vejafmærkninger udgøres måske af hyppigheden af forskellige våde tilstande. Vejafmærkninger kan således ligge placeret højt eller lavt på vejens tværprofil, eller højt eller lavt i forhold til vejbelægningens overflade, således at deres fugtige tilstande påvirkes af dræningsforholdene m.v.

Denne problemstilling bør i hvert fald berøres i projektet.

3. Projektets omfang

Projektet skønnes at være af lignende omfang som projekt A.1.3, hvortil der henvises. Såfremt målingerne til de to projekter afvikles samtidig, bør der kunne reduceres på omfanget af nærværende projekt.

A.3.1 - REFLEKSANORDNINGER: APPARATUR FOR MÅLING
AV RETROREFLEKSJONSEVNEN HOS VEGBANE- OG VECKANT-
REFLEKTORER

1. Prosjektets formål

Det skal utvikles måleapparat for måling av retro-refleksjonsevne hos vegbane - og vegkantreflektorer under forhold som er mest mulig like en vanlig kjøresituasjon. Det gjelder både et fast laboratorieoppsett og et transportabelt måleutstyr for måling på vegen.

Måleutstyret skal gjøre det mulig å kontrollere de lystekniske egenskapene hos reflektorene både i ny tilstand og under bruk. Prosjektet bør føre til en standardisert måleoppstilling og en måleprosedyre som gjør det lettere å fastsette lystekniske krav til slike reflektorer.

2. Prosjektbeskrivelse

Prosjektet inneholder følgende:

- a) Vurdering av optimale lysfordelinger for det reflekterte lyset for henholdsvis vegbanereflektorer og vegkantreflektorer, og fastsettelse av relevante målegeometrier ut fra dette.
- b) Bestemmelse av instrumentspesifikasjoner for henholdsvis laboratorieoppsett og feltmåleutstyr: Måleavstander, målefeltets størrelse, krav til lyskilde, krav til detektor.
- c) Valg av komponenter til instrumentering for begge måleoppsett: lyskilde med strømforsyning, prøveholder (for laboratorieoppsettet), målevinkelregulering, detektor med strømforsyning og registreringsenhet, kalibreringsmetode.
- d) Bygging av måleoppstillingene.

e) Prøving av måleoppstillingene.

f) Rapportering.

3. Arbeidets omfang

Tilsammen ca. 900 arbeidstimer, + utgifter ca.
kr. 50.000,-.

A.3.2 - REFLEKSANORDNINGER: FORBEDRING AV RETRORE-
FLEKSJONSEGEMSKAPENE HOS VEGBANE- OG VEGKANTREFLEK-
TORER UNDER PÅVIRKNING AV SMUSS OG NEDBØR

1. Prosjektets formål

Det skal undersøkes hvordan de negative virkningene av smussavsetning og nedbør (herunder også is) på den lystekniske effektiviteten hos vegbane- og vegkantreflektorer kan reduseres mest mulig.

2. Prosjektbeskrivelse

Prosjektets innhold er:

- a) Vurdering og undersøkelse av de forholdene som kan innvirke på reflektorenes effektivitet ved nedbør og ising:
- Geometrisk utforming
 - Optisk prinsipp
 - Materialtype
 - Overflatekvalitet
 - Montering (holder)
- b) Vurdering og undersøkelse av de forholdene som kan innvirke på reflektorenes motstandsdyktighet mot nedsmussing:
- Geometrisk utforming
 - Overflatekvalitet
 - Montering (holder)
 - Plassering (avstand og høyde i forhold til vegkant)
 - Rensingsmekanismer
- c) Konstruksjon av eventuelle forbedrede reflektor-typer som en ønsker å utprøve på vegger.
- d) Utprøving av de foreslåtte forbedringene på aktuelle prøvestrekninger. Forbedringene må prøves sammen med konvensjonelle alternativer. Retrorefleksjonsevnen måles med jevne mellomrom og under ulike værforhold under prøveperioden.

e) Rapportering av resultatene.

3. Arbeidets omfang

Tilsammen ca. 750 timer, + utgifter ca. kr. 20.000,-.

A.3.3 - REFLEKSANORDNINGER: OPTIMALISERING AV DE
LYSTEKNISKE EGENSKAPENE HOS RETROREFLEKTORER BRUKT
SOM FASTE MARKERINGER I VEGTRAFIKKEN

1. Prosjektets formål

Det skal vurderes og undersøkes hvilke lystekniske egenskaper som bør kreves av de forskjellige typene faste refleksanordninger som benyttes i vegtrafikken, nemlig vegbanereflektorer, vegkantreflektorer og trafikkskilt. Målet er å sikre at de refleksanordningene som brukes har en optimal lysteknisk funksjon i forhold til optiske prinsipper, tekniske produksjonsmuligheter og kostnader.

2. Prosjektbeskrivelse

Prosjektet inneholder følgende:

- a) Vurdering av optimale lysfordelinger for det reflekterte lyset og retrorefleksjonsevner for de ulike typene reflekser. Her forutsettes billyskastere som lyskilde, og de ønskede lysfordelingene fastlegges med hensyn til refleksenenes plassering i forhold til kjørebanelen. (Denne delen av prosjektet bør utføres i tilknytning til prosjekt A.3.1, punkt a).
- b) Undersøkelse av de reflekstypene som allerede er i bruk, og eventuelt andre alternativer. Denne undersøkelsen gjøres som laboratoriemålinger.
- c) Vurdering av hvilke optiske og andre tekniske forbedringer som kan gjøres med de eksisterende reflekstyper for å øke deres effektivitet og imøtekomme kravene i pkt. a. Spesielt skal følgende muligheter undersøkes:
 - Sammensetting av flere elementer og elementgrupper, eventuelt med ulike retninger for gruppens optiske akser for å øke det effektive vinkelområdet.
 - Alternative materialer som kan gi f.eks. bedre

optisk kvalitet og større slitestyrke i overflaten. (Gjelder prismereflektorer).

- Forbedring av støpeteknikken for prismereflektorer med tanke på å oppnå bedre prismeoverflater og høyere virkningsgrad.
- Bruk av større arealenheter.
- Bruk av fargekode og formkode.
(Gjelder kantstolper).

d) Eventuelle forslag til nye reflektortyper som kan framstilles innenfor en forsvarlig teknisk og økonomisk ramme.

e) Rapportering.

3. Arbeidets omfang

Tilsammen ca. 600 timer, + utgifter ca. kr 20.000,-.

A.4.1 - BETYDNINGEN AF VANDDRÅBER, SNAVS OG RIDSER FOR LYSETS SPREDNING I BILRUDER

1. Projektets formål

At klarlægge hvorledes vanddråber, snavs og ridser indvirker på lysets absorption og spredning i bilruder ved kørsel på ubelyst vej, og dermed indvirker på synsforholdene.

At opstille en metode til registrering af synsforringelsen gennem bilruder under faktiske forhold.

2. Baggrund

Erfaringer fra tidligere undersøgelser viser, at en del af den synsnedsættelse, som indtræder ved kørsel i mørke, kan tilskrives lysets brydning i bilruden. Lyset fra en modkørende bils lygter diffrakteres i ridser, snavs og vanddråber på ruden. Disse vil således lyse op og fungere som sekundære blændingskilder. Projektet vil kunne uddybe vort viden om emnet og afklare problemets faktiske omfang.

3. Projektbeskrivelse

Projektet består af følgende dele:

1. Litteratursøgning efter tilsvarende undersøgelser.
2. Teoretisk behandling af lysets brydning i vanddråber på ruden.
3. Laboratorieforsøg med våde, snavsede og ridseede bilruder.
4. Opstilling af kriterier for måling af bilrudens transmissionsegenskaber.

Litteratursøgning

En gennemgang af tidligere laboratorie- og feltforsøg omhandlende bilruders transmissionsegenskaber, herunder en vurdering af de tidligere opstillede modeller for lysets brydning i bilruder.

De kendte instrumenter (se f.eks. DIN 52335) til måling af lysets brydning gennemgås og vurderes.

Der søges oplysninger om simple målemetoder til registrering af regnintensitet og dråbernes størrelsesfordeling.

Teoretisk undersøgelse

Det må vurderes, om en dråbe på ruden kan beskrives ved en simpel halvkugle, eller det er nødvendigt med en mere nøjagtig model.

Lysgangen gennem vanddråben kan beskrives ved en sædvanlig diffraktionsmodel, hvor den våde eller ridsede rude behandles som et fasegitter, eller om nødvendigt ved hjælp af de metoder, som benyttes indenfor den meteorologiske optik.

Tidligere laboratorieforsøg har godtgjort, at luminesansen af en plet på ruden set fra førerens plads kunne udtrykkes som

$$L = C \cdot \frac{E}{\theta^n}$$

hvor E er belysningsstyrken på ruden. Konstanten n angives at have værdien 2 for en snavset, tør rude og 3 for en våd rude.

Det efterprøves, om denne formel kan forklares teoretisk ud fra lysets brydning i vanddråber og vandfilm, og der opstilles eventuelt alternative modeller.

Fartvindens bølgedannende effekt på vandhinden kan muligvis beskrives ved hjælp af de metoder, som benyttes indenfor kysthydraulikken.

Der forsøges opstillet en simpel model for lysets brydning ved ridser og gruber i ruden.

Laboratorieforsøg

I erkendelse af, at de dynamiske forhold ikke kan genskabes i laboratoriet, må de egentlige målinger foretages som feltforsøg.

Imidlertid er det nødvendigt at afprøve hvilken målemetode, som bedst beskriver forholdene for våde, snavsede og ridsede ruder. Afprøvningen kan foretages i laboratoriet på et antal brugte bilruder, som evt. kan forsynes med yderligere tilsmudsning eller ridser.

Det må tillige efterprøves, hvor godt de teoretiske modeller beskriver rudens transmissionsforhold.

Kriterier for et måleinstrument

På baggrund af litteraturstudier, teoretiske overvejelser og laboratorieforsøg opstilles kriterier og specifikationer til et transportabelt udstyr til måling af rudens transmissionsegenskaber. Det må angives hvilke parametre, som skal måles, hvilken nøjagtighed der kræves, og hvilke fysiske krav som må stilles til udstyret.

Herunder må blandt andet nævnes krav til hurtig og nem placering af udstyret på bilen, hvilket muliggør et stort antal målinger.

4. Omfang

Arbejdet med litteraturstudiet skønnes at omfatte ca. 100 ingeniørtimer, modelbetragtninger ca. 150 ingeniørtimer, laboratoriemålinger 150 ingeniørti-

mer og 200 teknikertimer. Opstilling af målekriterier og rapportering skønnes at omfatte ca. 300 ingeniørtimer.

Arbejdet omfatter således ialt ca. 600 ingeniørtimer og ca. 200 teknikertimer. Hertil kommer udlæg af størrelse ca. kr. 10.000,-.

A.4.2 - MÅLING AF LYSETS BRYDNING I BILRUDER UNDER PRAKTISKE FORHOLD

1. Projektets formål

At opbygge et transportabelt måleudstyr til registrering af transmissionsforholdene gennem bilruder under faktiske forhold. At måle bilrulers transmissionsforhold på et stort antal biler under forskellige vejrforhold.

At opstille forslag til forbedring af trafiksikkerheden gennem et forbedret udsyn gennem bilruder.

2. Indhold

På baggrund af resultaterne fra projekt A.4.1, "Betydning af vanddråber, snavs og ridser for lysets spredning i bilruder" opbygges et transportabelt måleudstyr. Der foretages målinger på en række bilruder under forskellige vejrforhold. For at tage hensyn til fartvindens indflydelse, må en del af disse målinger foretages med kørende biler.

I måleperioderne registreres vejrparametre som vindhastighed, regnintensitet og dråbestørrelse. Resultatet af målingerne må således blive en oversigt over udsynsproblemernes størrelse ved de forskellige vejrforhold.

På baggrund af resultaterne opstilles forslag til forbedring af udsynet gennem bilruderne.

Opbygning af måleudstyr

På baggrund af de krav og specifikationer, der fremkommer som resultat af projekt A.4.1, opbygges et transportabelt udstyr til måling af lysets spredning ved transmission gennem bilruder. For at begrænse udgifterne bør det tilstræbes, at udstyret skabes ved en passende ombygning af et eksisterende instrument.

Feltmålinger

Et lille antal bilruder måles ved forskellige vejrforhold og forskellige hastigheder af bilen. Det afprøves hvilke forbedringer i udsynet, som kan opnås ved en god rengøring af rudens inderside.

En måleserie med vådt føre uden nedbør skal klarlægge problemet med vanddråber, som kastes op på ruden af andre køretøjer.

Ved alle målinger registreres regnintensitet, dråbestørrelse og vindhastighed. Vindhastigheden kan evt. angives som den relative vindhastighed i forhold til bilen.

Det registreres før hver måling, om gummet på vinduesviskerne er slidt, og en forsøgsserie skal afgøre, om en simpel rensning af gummet kan forbedre udsynet.

Sammenfatning

Efter sammenfatningen af resultaterne påpeges det, under hvilke forhold problemerne er størst, og der opstilles forslag til afhjælpende foranstaltninger, og evt. foreslås nye projekter til afprøvning af disse foranstaltningers effektivitet.

3. Omfang

Arbejdet med opbygning af måleudstyr skønnes at omfatte ca. 150 ingeniørtimer og 200 teknikertimer. Udførelse af målingerne skønnes til ca. 200 ingeniørtimer og den afsluttende vurdering og rapportering ca. 200 ingeniørtimer.

Arbejdet omfatter således ialt ca. 550 ingeniørtimer og ca. 200 teknikertimer. Hertil kommer udlæg af størrelse ca. kr. 30.000,-.

BILAG BPROJEKTFORSLAG TILKNYTTET KAPITEL 4. ELEMENTER I
DEN LYSTEKNISKE FUNKTION

<u>Indholdsfortegnelse</u>	<u>Side</u>
B.1 - Vægens visuelle ledning - Fullskaleforsök	247
B.2 - Vægens visuelle ledning - Utveckling av en simulerad vägbild	249
B.3 - Siktsträcka till hinder, som funktion av vägbanans speglende reflexion - Fullskaleforsök	251
B.4 - Synlighed af forhindringer, EDB-model	253

Projekt B.1, B.2 og B.3 er foreslået af Gabriel Helmers, VTI

Projekt B.4 er foreslået af Kai Sørensen, LTL

B.1 - VÄGENS VISUELLA LEDNING - FULLSKALEFÖRSÖK

1. Projektets syfte

- att utveckla en fältmetod för mätning av vägens visuella ledning
- att med hjälp av fältmetoden mäta den effekt på vägens visuella ledning, som erhålls vid olika åtgärder i vägrummet
- att likaså mäta den visuella ledningens variation som funktion av väderleken (t ex vid klar sikt och torr vägbanan, vid klar sikt och våt vägbanan samt vid regn).

2. Projektbeskrivning

Första fasen i projektet är att utveckla en användbar fältmetod. Avsikten är att anpassa den metod som används vid mätning av siktsträcka till hinder på vägbanan till att mäta vägens visuella ledning. Vagens visuella ledning definieras i detta fall operationellt som siktsträcka till förändringar i vägens linjeföring.

Arbetet kommer att omfatta utprovning av detaljerad metodik för registrering av siktsträcka till förändringar i vägens linjeföring i fält samt utveckling av lämpliga program för automatisk utvärdering.

Andra fasen i projektet, dvs att mäta vägars visuella ledning under olika förhållanden utformas utifrån de erfarenheter som erhålls.

3. Projektets omfattning

ca 300 projektledartimmar

ca 600 teknikertimmar

ca 50 000 kr till utrustning, material, bilkostnader m m.

Projektet ingår som en del i ett större vägverksprojekt vid VTI avseende vägens visuella ledning.

B.2 - VÄGENS VISUELLA LEDNING - UTVECKLING AV EN SIMULERAD VÄGBILD

1. Projektets syfte

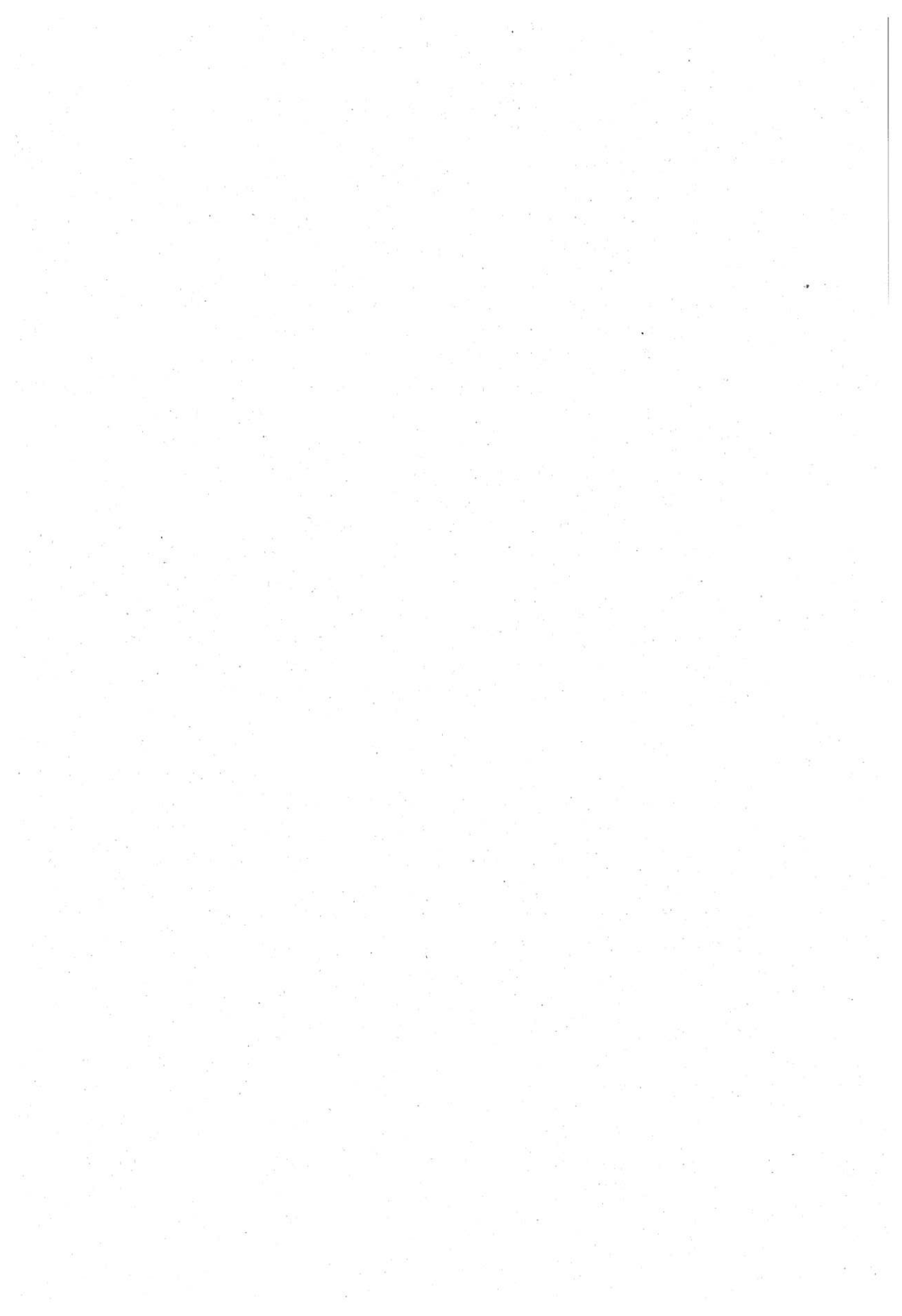
- att utveckla en datorstyrd vägbild lämpad för studium av hur trafikantens upplevelser av vägrummet påverkas bl a av vägbanans synbarhet, av både förekomst av och utförande hos vägmarkeringar och vägkantsreflektorer m m
- att i en andra etapp studera hur trafikantens upplevelser förändras som funktion av förändringar i den simulerade vägbilden
- att i en tredje etapp kontrollera resultaten från simuleringsförsöken vid försök i full skala.

2. Projektbeskrivning

Utvecklingen av den simulerade vägbilden görs samtidigt med utvecklingen av simulatorns övriga system. Den största svårigheten torde vara att få tillräckligt god upplösning i bilden samtidigt med att bilden korrekt och omedelbart förändras som funktion av förarens hastighet och manövrer i övrigt. Detta förutsätter utveckling av både hård- och mjukvara.

3. Projektets omfattning

Omfattningen är svår att förutsäga. Den beror dels på hur snabbt man kan uppnå godtagbar precision i bilden och dels i vilken utsträckning genereringen av bilden fordrar specialutveckling av hårdvara för att uppfylla de krav som i första hand definieras av detta projekt.



B.3 - SIKTSTRÄCKA TILL HINDER, SOM FUNKTION AV VÄGBANANS SPEGLANDE REFLEXION - FULLSKALEFÖRSÖK

1. Projektets syfte.

- att i fält studera hur siktsträckan till hinder på vägbanan varierar med variationen i vägbanors speglade reflexion.

2. Projektbeskrivning

Siktsträckemätningarna utförs med den vid VTI använda och väl utprovade fältmetoden. Siktsträcka till hinder, av olika reflektans mäts på vägbanor med stor variation i speglade reflexion. Mätningarna utförs på både torra och våta vägbanor.

En nödvändig förutsättning för projektet är att en lämplig fältmetod för mätning av vägbanans speglade reflexion kan utvecklas. Detta förutsätts kunna ske under de projekt som upptagits under avsnitt 6.1.

I det fall projektets resultat skulle motivera att normer för vägbanans speglade reflexion fastställs erfordras dessutom att en rutinmetod finns utvecklad för denna mätning.

3. Projektets omfattning

På grund av att projektet i hög utsträckning innebär omfattande fältförsök beräknas kostnaden uppgå till ca 250.000 skr.

B.4 - SYNLIGHED AF FORHINDRINGER, EDB-MODEL

1. Projektets baggrund og formål

Synligheden af en forhindring, som set og belyst under de forhold, der gælder ved mørkekørsel på ubelyst vej, afhænger af en lang række variable. Der henvises her til de i kapitel 3 omtalte 11 parametre i den lystekniske funktion, og det påpeges, at mange geometriske forhold gør sig gældende.

På grund af disse mange variable, og på grund af, at forsøg i fuld skala og endog laboratorieforsøg er arbejdskrævende, er det væsentligt, at der udvikles en EDB-model til studier af synsforhold på ubelyst vej.

EDB-beregninger ved en sådan model skal ikke opfattes som et alternativ til egentlige forsøg, men snarere som et supplement til disse. EDB-beregninger kan således bruges til at understøtte resultaterne af forsøg, til at udvide disses gyldighedsområde og til at give foreløbige resultater vedrørende forhold, der senere skal studeres ved forsøg.

En EDB-model er således tidligere blevet udviklet hos LTL og benyttet i noget omfang, se bl.a. Rådet for Trafiksikkerhedsforskning, rapport nr. 12, "Blanding på motorveje" (1972).

Denne EDB-model kan imidlertid ikke tage hensyn til alle de interessante variable, og den benytter antagelser, om både lystekniske forhold og om synsfunktionen, som har vist sig at være for simplificerede. Sammenligninger udført hos VTI mellem EDB-beregninger med modellen og forsøg i fuld skala har da også påvist mangler hos EDB-modellen (Helmers 1979).

Siden udviklingen af ovennævnte EDB-model er der imidlertid tilført ny viden på flere områder, som tillader opstilling af bedre EDB-metoder. Der er således mere viden om lystekniske forhold og parametre, der er bedre metoder til beskrivelse af synsfunktionen (jfr. LTL rapporter nr. 17 og 21), og der er forbedret EDB-teknik til rådighed.

Formålet med projektet er da at udvikle og afprøve en EDB-model til beregning af synsforhold på ubelyste veje, som har et bredt anvendelsesområde, og som udnytter ny viden og ny teknik til mere realistiske og mere bekvemme beregninger.

Projektet baner således vej for afklaring af en lang række forhold i senere projekter. Af sådanne forhold kan nævnes vejbelægningens indflydelse, synlighed af vejafmærkninger, blanding af modkørende trafik, snavs og ridser på forruden, fugtigt vejr, specielle forhold for ældre bilister m.v.

2. Projetbeskrivelse

Projektet kan udføres i følgende trin:

- a. Nærmere fastlæggelse af de parametre, der skal indgå i EDB-modellen.
Denne fastlæggelse må ske under hensyntagen til EDB-modellens ønskede anvendelsesområde og til praktiske forhold.
Det forudsættes, at problemer vedrørende parametrene i al væsentlighed løses i andre projekter, således at grundlaget for at inddrage parametrene er til stede. Som et eksempel på en sådan problemstilling nævnes geometriens indflydelse på vejbelægningers specifikke luminans.
- b. Nærmere fastlæggelse af de metoder, som skal

benyttes ved beregning af forhindringers synlighed (jfr. rapportens afsnit 4.2).

- c. Fastlæggelse af beregningstekniske forhold vedrørende EDB-modellen, programmets struktur, beregningsmetoder, beregningernes rækkefølge, inddata, uddata m.m.
- d. Programmering af EDB-modellen.
- e. Afprøvning af EDB-modellen ved sammenligning med eksisterende data for forsøg i fuld skala.
- f. Udarbejdelse af programbeskrivelse, programdokumentation og betjeningsvejledning til EDB-modellen.

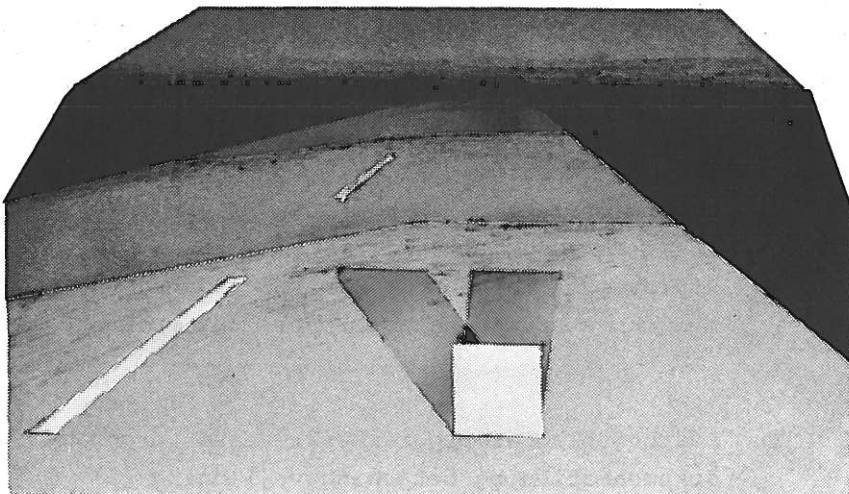
3. Kort omtale af opgavens natur

I fig. B.4 er der skitseret nogle forhold vedrørende et plant objekt på en vej i belysning fra to lygter på et køretøj, og som set i perspektiv fra førerens position.

Fig. B.4 leder i sig selv til nogle interessante observationer. Således ses objektet i hovedsagen på baggrund af sine egne halvskygger, og må derfor hyppigere optræde i positiv kontrast, end en sammenligning af objekters reflektans med vejbelægningsens specifikke luminans antyder. Halvskyggerne selv har naturligvis en negativ kontrast til kørebanen og modvirker, at objekter med en uheldig reflektans bliver meget dårligt synlige.

Det er nok mest bekvemt formelt at lade objektets skygger høre til objektet, der uanset dets egen form derved bliver af en kompliceret form og med varierende luminanser. Endvidere udviser køreba-

nen omkring objektet og hele synsfeltet varierende luminanser.



Figur B.4 Plant objekt, 30 x 30 cm, på en kørebane, som set og belyst fra et køretøj i 50 m afstand. De rette størrelsesforhold fremkommer, når tegningen ses fra en afstand på 2,5 m.

Plane object, 30 x 30 cm, on a carriageway as seen and illuminated from a car in a distance of 50 m. Proportions are correct, when the drawing is viewed from a distance of 2.5 m.

Objektets forhold kan derfor ikke umiddelbart udtrykkes i parametre med kendt virkning som objektstørrelse, kontrast, baggrundsluminans m.v. Der må foretages en forholdsvis kompliceret omregning fra de reelle forhold til den simple referencesituation, hvor hvilken der foreligger data og metoder (CIE rapport nr. 19). Omregningen kan ske ifølge de i LTL-rapport nr. 17 angivne principper.

Et yderligere komplicerende forhold er, at en forhindring normalt observeres fra et køretøj i

bevægelse. Forhindringens tilsyneladende størrelse og belysningsforholdene omkring det er da i stadig forandring. Det kan derfor være nødvendigt at foretage gentagne beregninger for en række tidspunkter og at akkumulere den samlede opdagelsessandsynlighed.

Disse kommentarer gælder alle for fortolkningen af synsbilledet. Herudover må programmet naturligvis have beregningstrin til opstilling af synsbilledets luminanser, lysstyrker og geometriske forhold som set i perspektiv og under hen-syntagen til alle de indgående parametre.

Opstillingen af disse programtrin frembyder ikke uoverstigelige, principielle problemer, men kan dog nok være en vanskelig opgave på grund af de mange parametre og de komplicerede geometriske forhold. Desuden må opgaven løses med speciel henblik på de fordringer, som stilles af en bekvem fortolkning af synsbilledet.

4. Projektets omfang

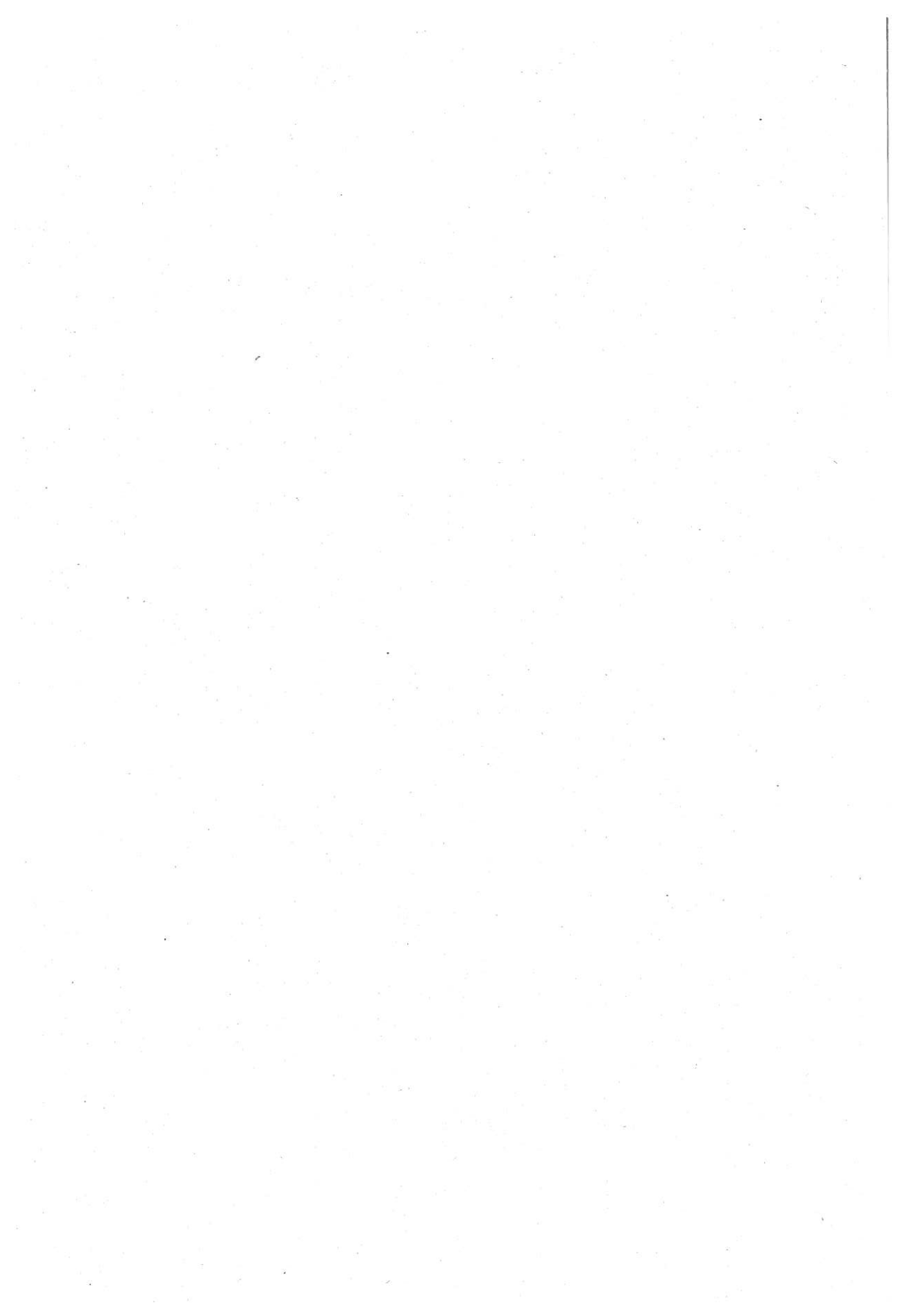
Udvikling af en EDB-model af den beskrevne karakter er en betydelig opgave, som forudsætter godt kendskab til både EDB, lystekniske beregninger og synsfunktionen.

Forudsat at opgaven løses af personer med sådanne forudsætninger, skønnes den at have et omfang, der er sammenligneligt med udviklingen af LTL's programsystem til belysningsberegninger, BELYS (LTL rapport nr. 15). Opgaven fordrer derfor formentligt ca. 500 ingeniørtimer og ca. kr. 15.000 i udlæg til trykning af skriftlig materiale.

BILAG CPROJEKTFORSLAG TILKNYTTET KAPITEL 5. METODER FOR
VURDERING AF INDGREB TIL MODVIRKNING AF MØRKEULYK-
KER

<u>Indholdsfortegnelse</u>	<u>Side</u>
C.1 - Sammenligning av ulike typer vegoppmerking	261
C.2 - Bruk av kantstolper som alternativ til vegoppmerking	263
C.3 - Utprøving av fargekombinasjoner på kantstolper	265
C.4 - Kriterier for bruk av og plassering av visekorporaler	267
C.5 - Lyse dekker på ubelyste veger	269
C.6 - Utprøving av vegbanereflektorer som alternativ til vegoppmerking	271
C.7 - Vegrekkverkets betydning for kjøremåte og den visuelle ledning	273
C.8 - Ledelys over farlige vegstrekninger	275
C.9 - Sikring av ubelyste vegtunneler	277
C.10 - Analyse av ulykkestype som er overrepresentert i mørke	279
C.11 - Vurdering av spesielle trafikkbestemmelser for mørketrafikk	281

Prosjekt C.1-C.11 er foreslået af Hans Ruud, TØI



C.1 - SAMMENLIGNING AV ULIKE TYPER VEGOPPMERKING

Oppmerking på 1-felts veg:

- hel kantlinje
- stiplet kantlinje
- stiplet pluss hel kantlinje i kurver
- kund midtlinje

Oppmerking på 2-felts veg:

- bruk av hel midtlinje i kurver
- stiplet kantlinje

1. Prosjektets formål

Formålet med prosjektet er å finne fram til en mer rasjonell og effektiv oppmerking på 1- og 2-felts veg, spesielt på 1-felts, der problemene med den visuelle føring er størst (dårlig linjeføring, utforming, oppmerking etc). Slik retningslinjene for oppmerking er i dag, benyttes stiplet kantlinje på 1-felts veg, mens det til sammenligning anvendes heltrukket kantlinje på 2-felts veg hvor vegstandarden vanligvis er bedre. På 1-felts veg med god linjeføring vil kanskje en stiplet midtlinje (varsellinje) være tilstrekkelig, mens en kunne benytte heltrukne midt- og kantlinjer i kurver, hvor mer enn 60% av singelulykkene oppstår (Hvoslef, H, 1970). Hvis et slikt forenklet oppmerkingssystem ga likeverdig kjøresikkerhet, ville en kunne spare inn på utgiftene til oppmerking.

2. Prosjektbeskrivelse

Det vil bli utvalgt prøvestrekninger både for 1- og 2-felts veg. Prosjektet er tenkt gjennomført ved registrering av bilistenes kjøreatferd (sideplassering, fart, nedbremsing). Over en lengre periode vil også ulykkesstatistikken kunne benyttes som et mål på de enkelte oppmerkingssystemers effek-

tivitet. Det er da nødvendig med kontrollstreknin-
ger for å finne den generelle trend av ulykkeshyp-
pigheter. For å oppnå et tilstrekkelig datamateri-
ale, trengs forholdsvis lange prøvestreknin-
ger.

C.2 - BRUK AV KANTSTOLPER SOM ALTERNATIV TIL VEG- OPPMERKING

1. Prosjektets formål

Formålet med prosjektet er å prøve å finne fram til en type kantstolpe som har en utforming og plassering som er fordelaktig sammenlignet med de nåværende typer. Kantstolper er ment å gi trafikantene en bedre visuell føring på vanskelige vegstrekninger med dårlig linjeføring og når forholdene er slik at vanlig oppmerking ikke gir den fulle effekt (i sterkt regn, tildekt av snø og is). Det største problemet med kantstolper er at de lett tilsmusses av støv fra kjørebanelen. Gode kantstolper vil kanskje kunne erstatte noe av vegoppmerkinger på visse vegstrekninger.

2. Prosjektbeskrivelse

For å gjennomføre prosjektet må det velges ut representative strekninger, både kurver og rettstrekninger, som er egnet til utprøving av kantstolper. Det vil bli utprøvd forskjellige typer kantstolper for å finne fram til en som bedre kan motstå ulempene ved tilsmussing. Forsøkene vil bli gjennomført ved å variere kantstolpenes avstand fra og høyde over kjørebanelen for å oppnå den beste plassering med henblikk på tilsmussing og den visuelle føring.

Effekten av de forskjellige alternativer vil bli målt ved registrering av bilistenes kjøreatferd, sideplassering, nedbremsing, fart og refleksstyrke. Registreringene vil bli foretatt under forskjellige værforhold.

C.3 - UTPRØVING AV FARGEKOMBINASJONER PÅ KANTSTOLPER

1. Prosjektets formål

Formålet med oppgaven er å finne fram til en type kantstolperefleks som kan bedre den visuelle føring. Her er da ment å kunne finne fram til et system som bedre skiller mellom høyre og venstre kjørebane. Nåværende system gjør at høyre og venstre kjørebane-reflektorer, på lengre avstand, vanskelig lar seg skille. Ved å utprøve andre typer fargekombinasjoner, vil dette kanskje kunne bedre kantstolpenes egenskaper for optisk linjeføring.

2. Prosjektbeskrivelse

Det må velges ut passende strekninger for forsøkene, hvor de forskjellige system vil bli utprøvd. Effekten vil best registreres ved bilistenes kjøreatferd og kjøreopplevelse under forskjellige typer værforhold. Over en lengre periode kan også ulykkesstatistikken benyttes ved vurdering av effekten av tiltakene. Vurderingen vil bli en form for en før-/etterundersøkelse.

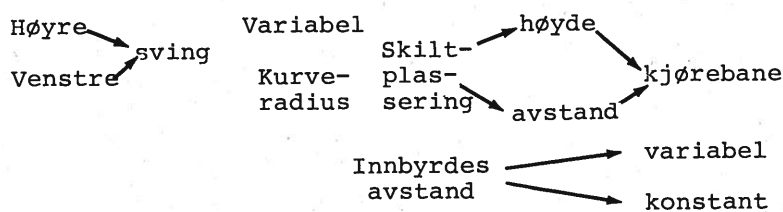
C.4 - KRITERIER FOR BRUK AV OG PLASSERING AV VISE- KORPORALER

1. Prosjektets formål

Formålet med prosjektet er å finne fram til den mest effektive plassering av visekorporaler i kurver med dårlig linjeføring eller geometrisk utforming. Effekten av disse retningsmarkeringsskiltene er ventet å variere med innbyrdes plassering (konstant, varierende), avstand fra kjørebane, høyde-plassering og størrelse av skiltene. Det er også tenkt å kunne gjøre forsøkene på forskjellige type kurver, da plasseringen av skiltene er ventet å variere, for å oppnå den beste effekten.

2. Prosjektbeskrivelse

Det vil bli valgt ut et tilstrekkelig antall representative kurver med ulik geometrisk utforming. Variable som vil kunne undersøkes er:



Varierende skiltstørrelse

Effekten av de forskjellige kombinasjoner vil bli målt ved registrering av bilisters kjøreatferd, dvs fart, nedbremsing og sideplassering. Det er også her mulig å undersøke bilistenes kjøreopplevelse som en kontroll og sammenligningsmateriale av effektmålingene.

C.5 - LYSE DEKKER PÅ UBELYTE VEGER

1. Prosjektets formål

Formålet med prosjektet er å finne nytten av lyse vegdekker på ubelyste veger. Veger uten belysning har et relativt stort antall ulykker, spesielt utforkjøringer og fotgjengerulykker. Lyse dekker er ventet å kunne gi en bedre visuell føring og bedre kontrastforhold for å oppdage fotgjengere og gjenstander i vegbanen, spesielt under forhold med våt kjørebane. I Norden er det kun Danmark som benytter lyse vegdekker i stor utstrekning. Her legges lyse vegdekker på alle riksveger og de fleste fylkesveger. I Norge og Sverige blir det mest brukt mørke vegdekker. Det kan imidlertid nevnes at det i Norge er en økning i bruken av lysere vegdekker som i dag utgjør ca 10%.

2. Prosjektbeskrivelse

En må velge ut et tilstrekkelig antall prøvestrekninger, der hyppigheten av utforkjøringer og fotgjengerulykker er høy, for å få et godt data-grunnlag. Effekten av lyse vegdekker vil bli utført som en før-/etter-undersøkelse av ulykkesstatistikken. I tillegg vil bilistenes kjøreatferd (fart, sideplasing) bli registrert for bedre å kunne finne sammenheng mellom kjøreatferd og ulykkesfrekvens på vanskelige strekninger.

Undersøkelsen må foregå over en lengre periode for å kunne samle tilstrekkelig materiale for denne type effektmåling.

C.6 - UTPRØVING AV VEGBANEREFLEKTORER SOM ALTERNATIV TIL VEGOPPMERKING

1. Prosjektets formål

Formålet med prosjektet er å finne fram til en type vegbanereflektorer som kan motstå påkjeningene av snøbrøyting (snøplog og isskrape), og samtidig gi god visuell ledning og i tillegg være økonomisk forsvarlig sammenlignet med de eksisterende oppmerkingssystemer som maling, plast og kantstolper.

De nåværende typer på markedet er relativt dyre i innkjøp og montering, men er da ventet å ha høy effektivitet under de fleste værforhold, samtidig med at de ventelig kan oppnå en lengre levetid enn annen vegbaneoppmerking.

2. Prosjektbeskrivelse

Det er ment å prøve forskjellige typer montert på ulike strekninger. For å få et sammenligningsgrunnlag, vil forsøk gjøres med annen vegbaneoppmerking på de samme utvalgte vegstrekninger. For å få sammenlignet de forskjellige reflektorer, vil det være viktig med en god koordinering, slik at de forskjellige typene får lik belastning (like mange overkjøringer av snøplog og isskrape).

For å måle effekten vil bilistenes kjøreatferd under forskjellige forhold registreres. Tilstanden til de forskjellige typene under prøvetiden vil også bli registrert (tap av refleksanordning/holder, slitasje).

C.7 - VEGREKKVERKETS BETYDNING FOR KJØREMÅTE OG DEN VISUELLE LEDNING

1. Prosjektets formål

Hensikten med prosjektet er å utprøve vegrekkverkets virkning på den visuelle føring og kjøremåte. Vegrekkverk blir montert på steder der sammenstøt med dette ventelig gir mindre skade enn en utforkjøring, men blir også benyttet som beskyttelse av myke trafikanter (langs gang/sykkelveg). Rekkverket vil naturligvis innvirke på bilistenes kjøremåte både i dagslys og mørkekjøring og da spesielt nedbremsingsfart og sideplassering. Disse faktorene har en nær tilknytning til hvor "sikkert" bilistene passerer en kurve eller rettstrekning. Forsøkene vil også indikere hvorvidt kantlinjeoppmerking er nødvendig hvor rekkverk er montert.

2. Prosjektbeskrivelse

En må finne egnede strekninger med både kurver og rettstrekninger. Det er også fordelaktig å finne prøvestrekninger med forskjellig topografi (fylling, skjæring) i tillegg til strekninger der rekkverket beskytter de myke trafikanter. Effekten av vegrekkverkets innflytelse på den visuelle føring vil kunne måles ved registrering av kjøreatferd i tillegg til en undersøkelse av ulykkesstatistikken i en før-/etter-situasjon. Forsøkene vil bli utført med og uten vanlig kantlinjeoppmerking for bedre å kunne finne en eventuell effekt av rekkverket på den visuelle føring.

C.8 - LEDELYS OVER FÆRLIGE VEGSTREKNINGER

1. Prosjektets formål

Formålet med prosjektet er å utprøve ledelys på strekninger med vanskelige lysforhold og linjeføring. Spesielt er overgangssonen mellom belyst og ubelyst veg et område hvor bilistene har behov for en god visuell føring, da øynene trenger en viss tid for å omstille seg fra lys til mørke. Områder hvor tåke ofte skaper problemer for trafikkavviklingen og hvor ulykker ofte oppstår, vil også være aktuelt for å utprøve effekter av ledelys.

2. Prosjektbeskrivelse

Prosjektet vil bestå i å finne strekninger som vil være egnet for utprøving av denne type visuell føring. Plassering av lysene vil ventelig være meget viktig både når det gjelder side- og høyde-plassering. Samtidig vil det være ønskelig å utprøve typer som er egnet til dette formål (farge, utforming). Høydeplassering må kunne tilpasses forholdene vinterstid, med høye brøytekanter, så muligheten for høydejustering vil kanskje være nødvendig. Effekten av de forskjellige typer og plasseringen av dem vil kunne finnes ved registrering av kjøreopplevelse og/eller kjøreatferd, men også ulykkesfrekvensen over en lengre periode vil kunne anvendes, da i form av en før-/etter-undersøkelse.

C.9 - SIKRING AV UBELYSTE VEGTUNNELER

1. Prosjektets formål

Hensikten med prosjektet er å finne fram til et oppmerkingssystem som vil bedre kjøreforholdene i ubelyste tunneler. Det er ment i dette prosjektet å kunne utprøve hvilken effekt lyse vegdekker har på bilistenes kjøreatferd og trafikksikkerheten sammenlignet og kombinert med tradisjonelle oppmerkinger. Overgangen fra dagslys og inn i en mørk tunnel skaper store problemer for trafikantene. Øynene klarer ikke å omstille seg raskt nok for at en skal unngå synsproblemer. Også andre forhold, som våt vegbane, gjør sitt til at effekten av eget lys forringes. Behovet for en god visuell føring i den første del av tunneler er påkrevet for en sikker kjøring.

2. Prosjektbeskrivelse

Et tilstrekkelig antall tunneler må bli tatt ut som et prøveprosjekt. Forskjellige tiltak vil bli utprøvd;

- Sammenhengende lyst dekke
- " " " + tunnelmarkering
- " " " + vegbanereflektorer

- Lyst vegdekke ved inngang til tunnel
- " " " " " + tunnelmarkering
- " " " " " + vegbanereflektorer

Effekten av tiltakene vil bli målt ved registrering av bilistenes kjøreatferd i en form for før-/etter-situasjon. De forskjellige tiltak vil bli sammenlignet med vanlig dekke og oppmerking, men også innbyrdes mellom de forskjellige tiltak.

C.10 - ANALYSE AV ULYKKESTYPER SOM ER OVERREPRESENTERT I MØRKE

1. Prosjektets formål

Hensikten med prosjektet er å kunne finne fram til årsaken(e) til ulykkestyper som er overrepresentert i mørke. Ulykkesstatistikken viser at når en har ugunstige værforhold (snø, regn, tåke), er andelen av enkelte ulykker relativt stor (singelulykker). En kombinasjon av glatt, våt kjørebane og nedsatte synsforhold gjør at bilistene får problemer med en sikker kjøring. Om det er de spesielt dårlige siktforhold eller de glatte og våte vegbaner som har størst innvirkning, er vanskelig å si.

2. Prosjektbeskrivelse

Politiets saksdokumenter fra mørke-ulykker vil bli samlet inn og nøye analysert. Materialet vil bli analysert i detalj. Ved en omstendelig undersøkelse vil det kanskje være mulig å komme fram til de mer direkte årsaker til visse typer ulykker under mørkekjøring. En slik detaljert undersøkelse vil også kunne gi opplysninger om hvor det eventuelt måtte være mangler ved den nåværende rapportform.

C.11 - VURDERING AV SPESIELLE TRAFIKKBESTEMMELSER FOR MØRKETRAFIKK

1. Prosjektets formål

Hensikten med prosjektet er å finne fram og utprøve spesielle trafikkbestemmelser for mørkekjøring. Andelen ulykker som skjer i mørke er stor og da spesielt singelulykker. Dette skyldes da generelt at bilistene kjører for fort etter de forholdene som råder. Spesielt er dette et problem under kjøring med nærlys, da siktdistansene blir sterkt redusert.

2. Prosjektbeskrivelse

Innledningsvis vil det være nødvendig med en litteraturundersøkelse over nåværende og tidligere utprøvede tiltak for å bedre trafikksikkerheten i mørkekjøring. Aktuelle tiltak kunne være en nedsetting av fartsgrensene ved mørkekjøring generelt eller på utsatte strekninger. Dette kan utføres ved å benytte variable skilt på strekninger med høy ulykkesfrekvens ved mørkekjøring. Effekter av tiltaket kan registreres ved kjøreatferd og analysering av ulykkesstatistikken i en før-/etter-situasjon.

