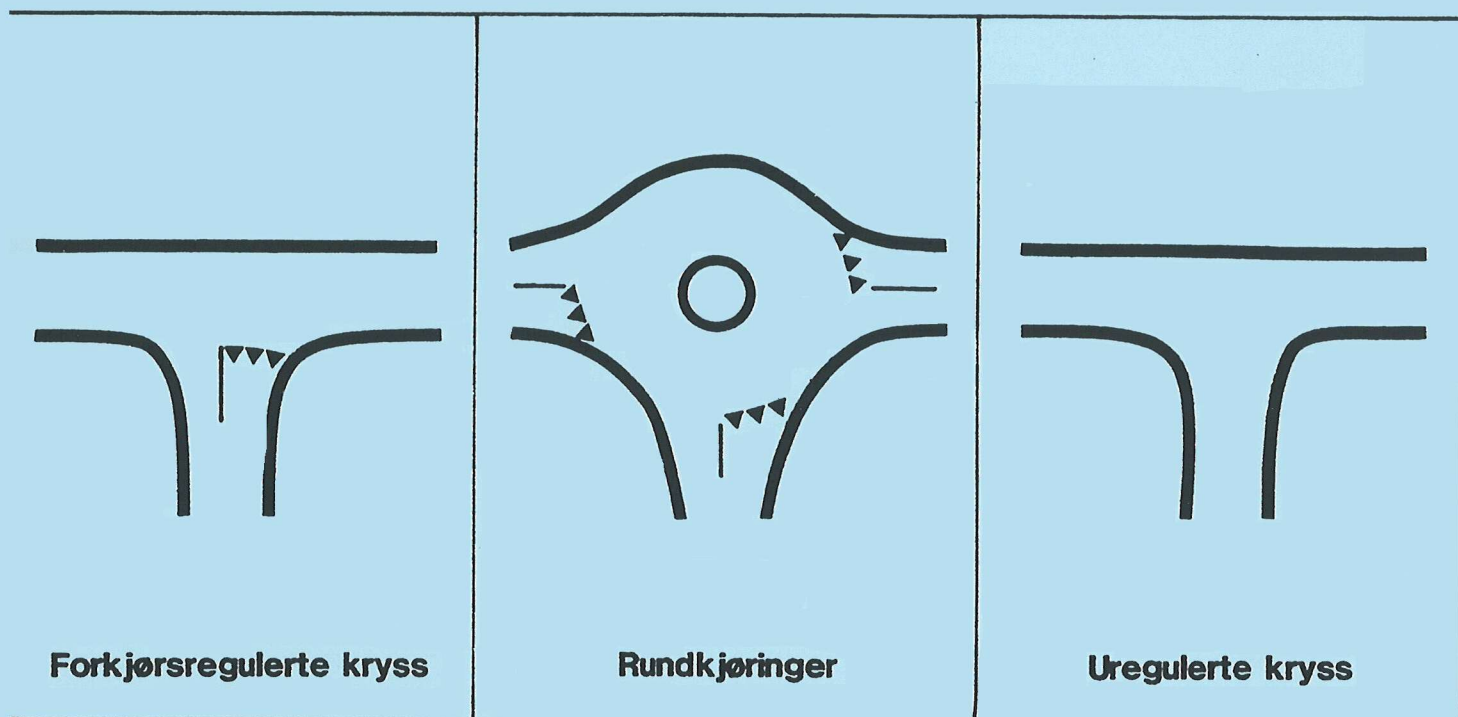


KAPASITET I KRYSS

Beregningsmetoder for ikke signalregulerte kryss



HÅNDBØKENE I STATENS VEGVESEN

Dette er en håndbok i vegvesenets interne håndbokserie — en samling fortløpende nummererte publikasjoner som først og fremst skal tjene som praktiske hjelpemidler for den enkelte tjenestemann ved utførelse av de ulike arbeidsoppgaver innen etaten.

Det er den enkelte fagavdeling innen Vegdirektoratet som har hovedansvaret for utarbeidelse og ajourføring. De daglige fellesfunksjoner som utgivelse av håndbøker fører med seg, blir ivare tatt av det sentrale håndboksekretariat.

Vegvesenets håndbøker utgis på 3 nivåer:

- Nivå 1 — Grå bunnfarge på omslaget — omfatter Lover, Avtaler og Forskrifter som godkjennes av overordnet myndighet eller av Vegdirektoratet etter fullmakt.
- Nivå 2 — Oransje bunnfarge på omslaget — omfatter Normaler og Retningslinjer — som godkjennes av Vegdirektoratet.
- Nivå 3 — Blå bunnfarge på omslaget — omfatter Veiledninger, Lærebøker og Vegdata — som godkjennes av Vegdirektoratets avdelinger.

Veiledning — *beskrivelse eller tegning ment som råd og hjelp ved utførelse av administrative og tekniske aktiviteter.*

KAPASITET I KRYSS

Beregningsmetoder for ikke signalregulerte kryss.

Nr. 127 i vegvesenets håndbokserie

Opplag: 650

Trykk: G.C.S. Oslo

ISBN 82 7207-199-1

FORORD

Denne publikasjon er utarbeidet for Vegdirektoratet av SINTEF, avdeling Samferdselsteknikk, som ledd i arbeidet med revisjon av vegnormalene. Den er tidligere utgitt av SINTEF i mai 1984 med tittelen "Kapasitet og avviklingsforhold i ikke signalregulerte kryss - Metodesamling".

Kapittel 7 "Vegers kapasitet" i Statens vegvesens Håndbok 017 - Vegutforming er vurdert av SINTEF, avdeling Samferdselsteknikk og Transportøkonomisk institutt i samarbeid. Som et resultat av dette er det blant annet utarbeidet to metode-samlinger - én for vegstrekninger og én for ikke signalregulerte kryss. Disse er forutsatt benyttet som supplement til de mer overordnede betraktninger i Håndbok 017.

Oslo i oktober 1985

VEGDIREKTORATET

Ansvarlig avdeling: Planavdelingen

INNHALDSFORTEGNELSE	SIDE
FORORD	3
INNHALDSFORTEGNELSE	5
INNLEDNING	7
METODE F Kapasitetsberegning av forkjørsregulerte kryss	11
METODE R Kapasitetsberegning av rundkjøringer	29
METODE U Kapasitetsberegning av uregulerte kryss	39
VEDLEGG: Beregningseksempler	43
Eksempel 1 T-kryss I	
Eksempel 2 T-kryss II	
Eksempel 3 X-kryss	
Eksempel 4 Rundkjøring	

1. INNLEDNING

Metoder for kapasitets- og avviklingsvurderinger i ikke signalregulerte kryss

Siktemålet med denne publikasjonen er å presentere et samlet sett av metoder for beregning av kapasitet og trafikkavviklingsforhold i ikke signalregulerte kryss. De krysstypene som er behandlet, er

- forkjøringsregulerte kryss (metode F),
- rundkjøringer (metode R) og
- uregulerte kryss (metode U)

Uregulerte kryss er forholdsvis enkelt behandlet fordi denne krysstypen generelt er lite anvendelig når trafikkbelastningen er stor. For de to andre krysstypene er kapasitets- og avviklingsberegninger nødvendige både for valg av krysstype og reguleringsform og for vurdering av hensiktsmessig detaljutforming.

Delvurderinger

Metodeheftet gir grunnlag bare for en del av de vurderinger som er nødvendige. For det første er metoder for vurdering av signalregulerte kryss ikke inkludert her. For det andre omfatter heftet bare en del av de forhold som vil være avgjørende ved valg av kryssløsning. Viktige forhold som ikke behandles her er f eks trafikkikkerhet og investerings- og driftskostnader. Alle disse faktorene kan variere betydelig fra krysstype til krysstype.

Metodeoppbygging. Nøyaktighet

Metodene er utformet med det siktemål at de skal kunne gi realistiske svar på aktuelle spørsmål under arbeid med hovedplan og detaljplan. Det har også vært lagt vekt på å gjøre metodene så enkle

som mulig, slik at den vanlige bruker finner metodene lett tilgjengelige og nyttige i sitt daglige arbeid. I denne sammenheng er det så langt råd er tatt utgangspunkt i kjente begreper og vurderingsmåter, slik at opplæringsinnsatsen blir minst mulig.

Kopling til dataprogrammer

Metodeoppbyggingen er samordnet med de dataprogrammer (eksisterende eller under utvikling) som en regner med vil finne anvendelse i nærmeste framtid. Slike programmer vil foreligge etter hvert både for mikromaskiner og større datamaskiner.

Konsekvensvurderinger og dimensjonering

Metodene vil i hovedsak finne anvendelse for to hovedformål,

- vurdering av krysstype og reguleringsform på hovedplannivå
- detaljutforming og dimensjonering

Den første anvendelsesmåten vil være aktuell både ved planlegging av nyanlegg og ved ombygging eller markert omregulering av eksisterende kryss. Allerede på dette nivået vil en forholdsvis detaljert vurdering av utformingen være aktuell.

Den andre anvendelsesmåten er mer knyttet til detaljutformingen av krysset og tilfartene. Antall felt, lengde av svingefelt og detaljutforming av tilfarter i rundkjøringer er aktuelle eksempler.

Formålet vil her ofte være å vurdere hvor stor trafikk tilfartene kan tåle ved en gitt utforming

(kapasitetsvurderinger) eller hva slags avviklingsforhold (forsinkelser, køer) en får ved en gitt trafikkbelastning.

Beregningene gjelder den aktuelle situasjon

Ved begge de betraktningmåter som er nevnt ovenfor, beregnes kapasitets- og avviklingsforhold ved en gitt geometrisk utforming og regulering, og en gitt trafikkbelastning. Dette betyr at flere beregninger må utføres dersom en ønsker å vurdere kapasitet og avvikling for ulike utformingsalternativer og trafikkbelastningsnivåer.

Trafikkvariasjonene er viktige

I praksis vil det særlig være aktuelt å ta hensyn til de trafikkvariasjonene som opptrer. For det første har en systematiske variasjoner over året, uken og dagen. Vegdirektoratets trafikkutvalg gir etter hvert bedre og bedre grunnlag for å anslå disse. Like viktig er det å vurdere konsekvensene av de til dels betydelige tilfeldige variasjoner en kan ha fra dag til dag. Den beste måten å vurdere disse variasjonene på vil trolig være å beregne kapasitets- og avviklingsforhold for 2-3 trafikkbelastningsnivåer.

Prognoser og usikkerhet

Når en vurderer framtidige forhold, og trafikkprognoser legges til grunn, vil det være usikkerheter i trafikk tallene. Disse usikkerhetene kan vurderes på samme måte som nevnt foran, dvs ved at en gjennomfører beregninger med forskjellige prognosealternativer som dekker usikkerhetsområdet.

De dataprogrammene som er nevnt, vil være særdeles nyttige nettopp for gjennomføring av beregningsserier med forskjellige trafikkbelastningsnivåer eller forskjellige prognosematerieill.

METODE F
KAPASITETSBEREGNING AV
FORKJØRSREGULERTE KRYSS

Metodeheftet inneholder skjemaer med nødvendige kommentarer for en fullstendig kapasitets- og avviklingsberegning for forkjørsregulerte kryss.

Metoden er i grove trekk bygget opp etter samme lest som i tidligere anvendte metode fra de tyske vegnormalene¹⁾. Noen forbedringer er gjort bl a gjennom endringer av prosedyrene for beregning av "forkjørsberettiget trafikk" og korreksjon for kødannelse i vikepliktige strømmer. En har også trukket inn erfaringsdata fra den svenske kapasitetsberegningemetoden som Statens Vägverk har utarbeidet²⁾.

En tar sikte på å utarbeide et tilhørende dataprogram for denne metode for anvendelse på mikromaskiner i løpet av 1984.

Metoden er beskrevet på skjemaarkene A1-A5 med tilhørende kommentarer. Kapasitets- og avviklingsberegninger gjøres for en bestemt geometrisk utforming og regulering og for en bestemt trafikkbelastning. Data for geometri og trafikk føres på skjema B. Beregningene føres på skjema C.

Dersom en ønsker å vurdere virkningene av en annen geometrisk utforming, eller andre trafikkbelastninger, må nye beregninger gjennomføres.

Beregningene utføres etter følgende fremgangsmåte:

A. Beregninger for den enkelte trafikkstrøm (kjørebevegelse)

1. Beregning av forkjørsberettiget 1. ordens-trafikk (skjemaene A1 og A2)
2. Beregning av kritisk tidsluke (skjema A3)
3. Beregning av utgangskapasitet (skjema A4)
4. Korreksjon for kødannelse i overordnede strømmer (skjemaene A1 og A2)*

B. Beregninger for de enkelte kjørefelt

5. Beregning av feltkapasitet (skjema A4)
6. Beregning av trafikkhindring, forsinkelse og kølengder (skjema A5)

* Denne korreksjonsprosedyren er av hensiktsmessighetsgrunner ført opp allerede i skjemaene A1 og A2, selv om selve korreksjon skjer senere i prosessen.

1) Blant annet presentert i Brevkurset "Vegkryssutforming", Brev 8, NIF 1980

2) Statens Vägverk: Beräkning av kapacitet, kölängd, fördröjning. TV 131, Stockholm 1977

1. Ordensklasser

Inndeling i ordensklasser er nødvendig av hensyn til beregningsgangen i metoden.

Ordensklasser bestemmes på følgende måte:

- 1.ordens trafikkstrømmer er strømmer som kan kjøre uhindret gjennom krysset uten vikeplikt for andre trafikkstrømmer. I T-krysset i skjema A1 gjelder dette rett-fram-bevegelsene på forkjørsvegen (AG og CG), samt høyresving fra tilfart A (AH).
- 2.ordens trafikkstrømmer er strømmer som bare har vikeplikt for en eller flere 1.ordens strømmer. I T-krysset i skjema A1 gjelder dette høyresving inn på forkjørsvegen (BH) og venstresving fra forkjørsvegen (CV).
- 3.ordens trafikkstrømmer er strømmer som har vikeplikt både for 1.ordens trafikkstrøm(mer) og 2.ordens trafikkstrøm(mer). I T-kryss er det én slik strøm, venstresving inn på forkjørsvegen, BV. Denne strømmen har bl a vikeplikt for 2.ordens-strømmen CV.

2. Summering av "forkjørberettiget 1.ordens-trafikk", M_F og beregning av utgangskapasitet K_0

M_F må beregnes for hver enkelt vikepliktig trafikkstrøm. Merk at det i denne metoden bare er 1.ordens trafikkstrømmer som regnes med i "forkjørberettiget trafikk". Dette har betydning for strømmer av 3. og lavere orden. I T-krysset i skjema A1 gjelder dette altså bare 3.ordens-strømmen BV. Forkjørberettiget 1.ordens-trafikk, M_F utgjøres her av 1.ordens-strømmene AG og CG, samt AH som gis halv vekt fordi den normalt vil ha noe innvirkning på utviklingen fra sidevegen, selv om den ikke egentlig er i konflikt med strømmene herfra. Når M_F er bestemt kan en beregne utgangskapasiteten K_0 (skjema A4) etter at kritisk tidsløke, t_K , er bestemt (skjema A3).

3. Korreksjon for kødannelse i 2.ordens-strømmer

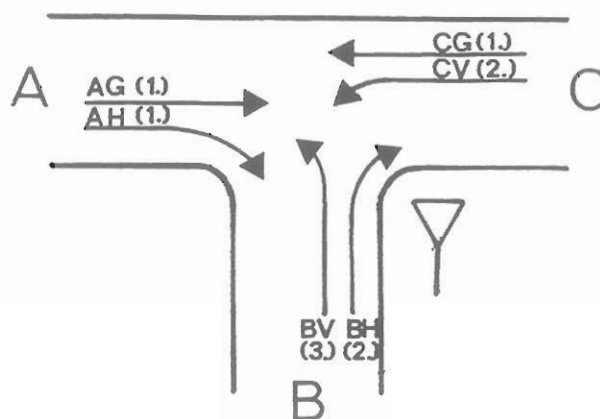
For alle 2.ordens-strømmer vil kapasiteten K være lik utgangskapasiteten K_0 . For 3.ordens-strømmen BV må en også ta hensyn til trafikkmengden i og kødannelsen i 2.ordens-strømmen CV. Dette gjøres med en korreksjonsfaktor P_K slik at

$$K = K_0 \cdot P_K, \text{ der} \\ P_K = (1 - M_{CV}/K_{CV})$$

M_{CV} er trafikkbelastningen for CV, og K_{CV} er beregnet kapasitet. Belastningsgraden M_{CV}/K_{CV} uttrykker direkte den andel av tiden det er kødannelse i trafikkstrøm CV. $(1 - M_{CV}/K_{CV})$ uttrykker dermed hvor stor andel av tiden hvor det ikke er kødannelse i trafikkstrøm CV, og som dermed er frigjort for eventuell trafikk fra BV (hvis tidsløkene i 1.ordens-strømmene tillater det).

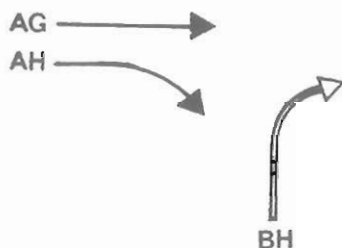
I Trafikkstrøm-
 betegnelser*.
 Ordensklasser
 (i parentes)

* H = høyre
 G = gjennomgående
 (rett fram)
 V = venstre



II Fremgangsmåte ved beregning av
 forkjørsberettiget 1. ordens-trafikk, M_F
 og faktor P_K for reduksjon av utgangs-
 kapasitet

1. Høyresving inn, BH



$$M_F = 0.5 \cdot M_{AH} + M_{AG}$$

$$P_K = 1.0 \text{ (ingen reduksjon)}$$

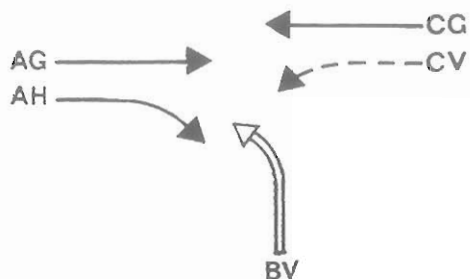
2. Venstresving av, CV



$$M_F = M_{AH} + M_{AG}$$

$$P_K = 1.0 \text{ (ingen reduksjon)}$$

3. Venstresving inn, BV



$$M_F = 0.5 \cdot M_{AH} + M_{AG} + M_{CG}$$

$$P_K = (1 - M_{CV}/K_{CV})$$

1. Ordensklasser

Inndelingen i ordensklasser skjer etter de samme prinsipper som i T-kryss, se kommentarene til skjema A1. I X-kryss vil det forekomme to 3.ordens-strømmer (kryssing fra sideveg, BG og DG). En vil også ha to 4.ordens-strømmer, venstresving fra sideveg, BV og DV, idet disse strømmene også har vikeplikt for 3.ordens-strømmene BG og DG.

2. Summering av "forkjørsberettiget 1.orden-trafikk", M_F , og beregning av utgangskapasitet, K_O

Dette gjennomføres etter de samme prinsipper som for T-kryss, se kommentarene til skjema A1.

3. Korreksjon for kødannelse i 2. og 3.ordens strømmer

Korreksjon skjer som beskrevet for T-kryss. For 3.ordens-strømmene BG og DG må en korrigere for to 2.ordensstrømmer, AV og CV.

Korreksjonsfaktoren P_K beregnes da på følgende måte

$$P_K = (1 - M_{AV}/K_{AV}) \cdot (1 - M_{CV}/K_{CV})$$

Også her uttrykker P_K den andelen av tiden det ikke er kø i AV eller CV. Det er denne tiden som kan benyttes for eventuell kryssing av forkjørsvegen, dersom tilstrekkelige luker i den forkjørsberettigede 1.ordens-trafikken forekommer.

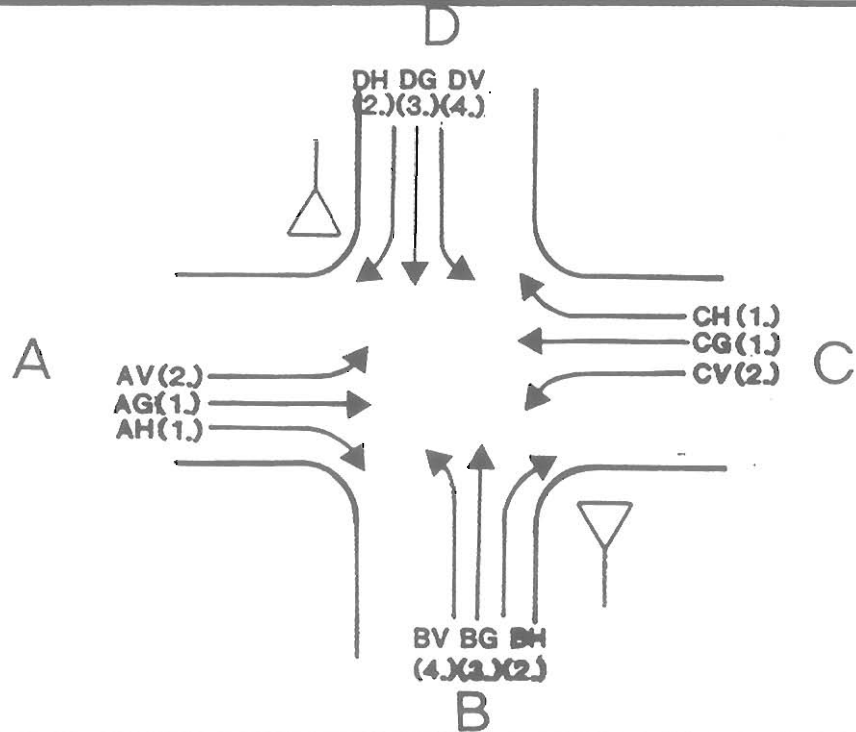
For 4.ordens-strømmen BV benyttes følgende korreksjonsfaktor:

$$P_K = (1 - M_{AV}/K_{AV}) \cdot (1 - M_{CV}/K_V) \cdot (1 - M_{DG}/K_{DG})$$

Når P_K -verdien for D_V skal beregnes, byttes siste ledd ut med uttrykket $(1 - M_{BG}/K_{BG})$.

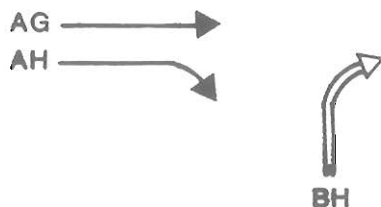
Beregningen av P_K -verdien for 4.ordens-strømmer er noe forenklet. Bl a er det ikke tatt hensyn til høyresvingende trafikk fra motsatt side. Denne bevegelsen vil i praksis ha liten innvirkning på kapasitetsforholdene.

I Trafikkstrøm-
 betegnelser.
 Ordensklasser
 (i parentes)



II Fremgangsmåte ved beregning av
 forkjørsberettiget 1. ordens-trafikk,
 M_F , og faktor P_K for reduksjon av
 utgangskapasitet

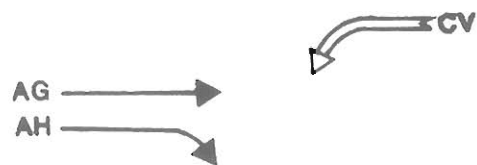
1. Høyresving inn, BH (og DH)



$$M_F = 0.5 \cdot M_{AH} + M_{AG}$$

$$P_K = 1.0 \text{ (ingen reduksjon)}$$

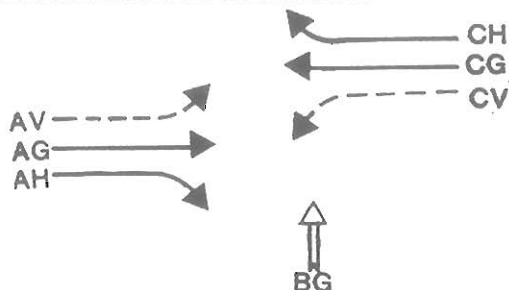
2. Venstresving av, CV (og AV)



$$M_F = M_{AH} + M_{AG}$$

$$P_K = 1.0 \text{ (ingen reduksjon)}$$

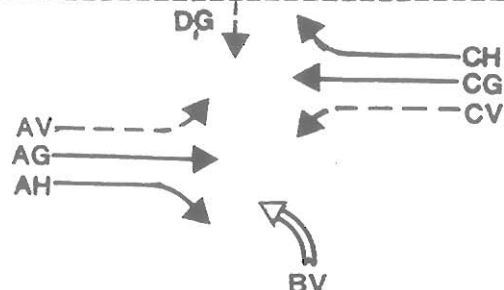
3. Kryssing, BG (og DG)



$$M_F = 0.5 \cdot M_{AH} + M_{AG} + M_{CG} + M_{CH}$$

$$P_K = (1 - M_{AV}/K_{AV}) (1 - M_{CV}/K_{CV})$$

Venstresving inn, BV (og DV)



$$M_F = 0.5 \cdot M_{AH} + M_{AG} + M_{CG} + 0.5 \cdot M_{CH}$$

$$P_K = (1 - M_{AV}/K_{AV}) \cdot (1 - M_{CV}/K_{CV}) \cdot (1 - M_{DG}/K_{DG})^*$$

* Forenklet betraktning

1. Om kritisk tidsluke og følgetid

De enkelte sidevegstrafikanter vil ha forskjellig oppfatning av hvor lang en tidsluke bør være før kryssing kan foretas. For å beskrive de gjennomsnittlige forhold i så måte, har en definert en såkalt kritisk tidsluke, som grovt sett kan sies å tilsvare den tidsluke gjennomsnittstrafikanten vil kreve til kryssing av eller innsving på forkjørsveg, eller venstresving ut av forkjørsveg.

Ofte er tidsluken i forkjørsstrømmen så stor at flere vikepliktige kjøretøyer kan utnytte samme tidsluke. Tidsavstanden mellom de etterfølgende vikepliktige kjøretøyer, følgetiden, vil da normalt være mindre enn kritisk tidsluke. Forholdet mellom den kritiske tidsluke og følgetiden vil være forholdsvis konstant, slik at følgetiden kan bestemmes når kritisk tidsluke er kjent. Denne sammenhengen er innebygget i denne beregningsmetoden, slik at det er nok å betrakte kritisk tidsluke, t_k .

2. Innvirkende faktorer

Verdien for kritisk tidsluke t_k vil variere med følgende forhold:

- kjøretøybevegelse, (avsving, innsving, kryssing)
- reguleringsform (vikeplikt/stopp-plikt),
- fartsgrensen på forkjørsvegen og
- antall gjennomgående felt på forkjørsvegen

Grunnverdiene for t_k i skjema A3 gjelder for kryss på veger med to gjennomgående felt, og med 50 km/t-grense, regulert med vikepliktskilt. Det er videre forutsatt at det ikke forekommer stigning eller fall i kryssområdet og at tungtrafikkandelen er 10%.

Skjema A3 inneholder korreksjoner for avvik fra disse forhold, basert på norske og svenske erfaringsdata. Merk at noen av faktorene bare innvirker på enkelte av de vikepliktige bevegelsene.

Utover dette kan en også finne variasjoner knyttet til lokale forhold (bl a bystørrelse, siktforhold) som det ikke er tatt hensyn til her. Den beregnede verdi for kritisk tidsluke må derfor betraktes som et anslag på "normalverdien" og ikke som en eksakt verdi.

KAPASITETSBEREGNING AV FORKJØRSREGULERTE KRYSS
SKJEMA A3 KRITISK TIDSLUKE

F7

Frengangsmåte

1. Bestem grunnverdi fra tabell 1.
2. Beregn korreksjonsfaktorer ifølge tab. 1 for følgende forhold
 - reguleringsform (tab. 2)
 - fartsgrense (tab. 3)
 - antall felt på hovedveg (tabell 4)
 - andel tunge kjt (fig. 1)
 - svingeradius og vinkel (fig. 2)
3. Beregn endelig verdi for kritisk tidsluke

Tabell 1

	Kjøretøybevegelse			
	venstre-sving fra hovedv.	høyre-sving inn på hovedv.	kryssing av hovedv.	venstre-sving inn på hovedv.
Grunnverdi, t_{ko}	5.0	5.0	5.5	5.5
Korr. for reg.form	*	tab.2	tab.2	tab.2
Korr. for fartsgr. på hovedv.	tab.3	tab.3	tab.3	tab.3
Korr. for ant. felt på hovedv.	*	*	tab.4	tab.4

* Ingen korreksjon

Tabell 2

Korreksjon for reguleringsform

Vikeplikt	0 sek
Stopplikt	+ 1.5 sek

Tabell 3

Korreksjon for fartsgrense på hovedveg

50 km/t	0 sek
60 km/t	+ 0.4 sek
70 km/t	+ 0.8 sek
80 km/t	+ 1.2 sek
90 km/t	+ 1.6 sek

Tabell 4

Korreksjon for antall gjennomgående felt på hovedvegen

2	0 sek
4	+ 0.3 sek

Tilleggs kommentarer:

De verdiene som er angitt, er gjennomsnittsverdier. I praksis vil en finne en del variasjoner fra kryss til kryss. Blant annet ser det ut til at observerte verdier er lavest i de største byene. Også lokale forhold som ikke inngår i tabellen kan virke inn. Dette gjelder f.eks siktforhold og tilsutningsvinkler. Merk at stigninger og tungtrafikk tas hensyn til senere i forbindelse med kapasitetsberegningen.

1. Beregning av utgangskapasiteten, K_0

Utgangskapasiteten for en vikepliktig trafikkstrøm uttrykker kapasiteten i kjt/t etter at det er tatt hensyn til forkjørsberettiget 1.ordens-trafikk og kritisk tidsluke, men før det er korrigert for kødannelse i 2. og 3.ordensstrømmer (se kommentarer til skjemaene A1 og A2).

Verdien leses av i diagrammet i skjema A4 og korrigeres for fall eller stigning inn mot krysset og tungtrafikkandeler som avviker fra 10%.

2. Forutsetninger

Diagrammet er basert på følgende forutsetninger:

- tidslukene i de forkjørsberettigede trafikkstrømmene er eksponensialfordelte.
- følgetiden har en verdi som tilsvarer 60% av verdien for kritisk tidsluke t_K .

Begge disse forutsetningene innebærer forenklinger av den virkelige trafikkavviklingen som anses akseptable i denne sammenheng.

3. Stigning og fall, tungtrafikk

Det er verdt å merke seg at stigning eller fall inn mot krysset kan ha vesentlig innvirkning på kapasiteten for de vikepliktige strømmene. F eks vil kapasiteten ved 4% fall inn mot vikelinjen være 75 prosent høyere enn ved 4% stigning inn mot vikelinjen. Også andelen tungtrafikk har stor betydning her. Vær oppmerksom på at utslagene av stigning og tungtrafikk kan være enda større under vinterforhold.

4. Korreksjon for kødannelse

Ved beregning av utgangskapasiteten K_0 for 3. og 4.ordensstrømmer, må en korrigere for evt kødannelse i overordnede 2. og 3.ordensstrømmer, etter følgende formel:

$$K = K_0 \cdot P_K$$

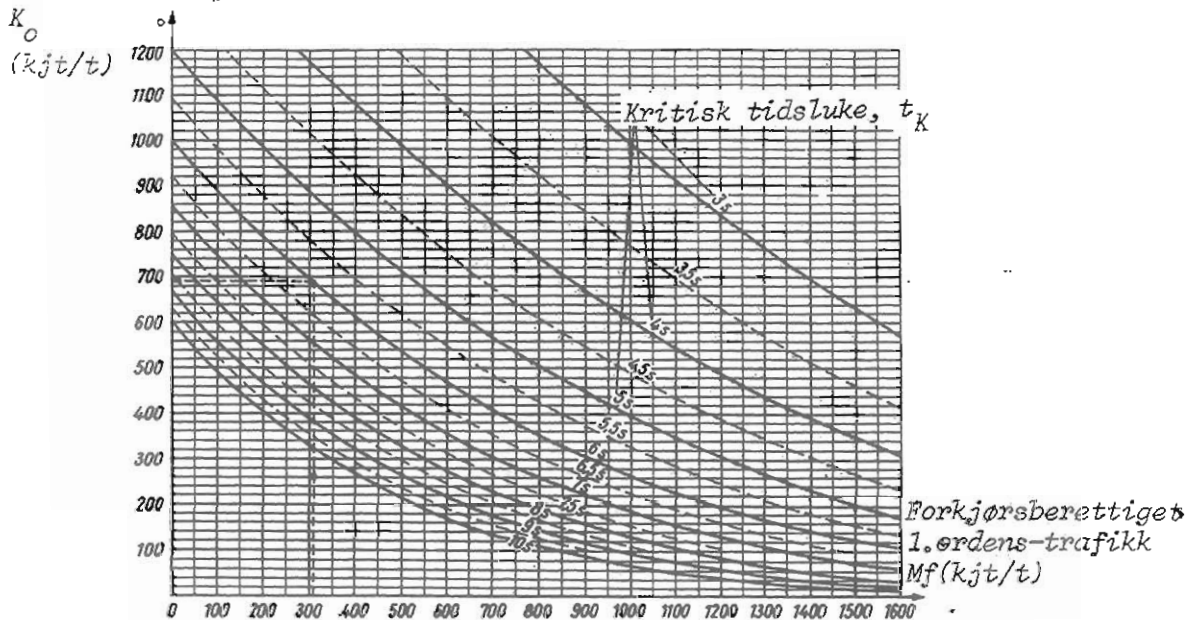
Beregning av P_K -verdier er vist på skjemaene A1 og A2.

5. Feltkapasitet

Kapasiteten for et kjørefelt vil avhenge av kapasiteten for de trafikkstrømmer (kjøretøybevegelser) som benytter feltet, og av hvordan trafikken i feltet fordeler seg på de enkelte trafikkstrømmene. Formelen under avsnitt III i skjema 4 viser at en trafikkstrøm med lav kapasitet (lav K -verdi) og stor prosentandel av trafikken i feltet (høy a -verdi) i betydelig grad vil svekke feltkapasiteten.

I Beregning av utgangskapasitet, K_0

Utgangskapasiteten K_0 kan beregnes med diagrammet nedenfor når "forkjørsberettiget 1.ordens-trafikk", M_f (se skjemaene A1 og A2) og "kritisk tidsluke", t_k (se skjema A3) er bestemt.



Ved stigning eller fall inn mot krysset, og ved tungtrafikkandel som avviker fra 10%, korrigeres avlest K_0 -verdi med en korreksjonsfaktor k_1 som angitt i tabellen nedenfor.

% tunge	Stigning (+)/fall (-) %				
	-4	-2	+0	+2	+4
0	1.37	1.22	1.10	.92	.79
5	1.33	1.18	1.05	.87	.72
10	1.32	1.15	1.00	.83	.66
15	1.30	1.10	.95	.79	.61
20	1.28	1.08	.92	.75	.57

II Korreksjon for kødannelse

Se kommentarene på foregående side og skjemaene A1 og A2.

III Beregning av feltkapasitet

Feltkapasiteten K_F beregnes med følgende formel:

$$K_F = 100 / (a_1/K_1 + a_2/K_2 + \dots + a_n/K_n)$$

n = antall trafikkstrømmer (kjørebevegelser) som benytter feltet

a_1, a_2, \dots, a_n = trafikkstrømmenes prosentandel av total trafikk i feltet

K_1, K_2, \dots, K_n = beregnede kapasitetstall for trafikkstrømmene

1. Trafikkhindringsgrad og forsinkelse

En grov vurdering av trafikkavviklingsforholdene i det enkelte kjørefelt gis gjennom "grad av trafikkhindring". Dette begrepet er hentet fra de tyske vegnormalene. Graden av trafikkhindring avhenger av kapasitetsreserven, dvs den faktiske differansen mellom beregnet feltkapasitet og opp-tredende trafikkmengde. Kapasitetsreserven er også bestem-mende for den forsinkelsen trafikantene opplever (se avsnitt II), slik at graden av trafikkhindring i virkelig-heten er et uttrykk for trafikantforsinkelsen.

Et tallfestet uttrykk for trafikkavviklingsforholdene får en ved beregning av gjennomsnittsforsinkelsen som påføres kjøretøyene i de enkelte vikepliktige kjørefelt.

Totalforsinkelsen beregnes med grunnlag i gjennomsnitts-forsinkelsen. Totalforsinkelsen benyttes i første rekke som grunnlag for vurdering av kølengder (se nedenfor), men kan også benyttes til å vurdere totalt tidsforbruk i krysset og trafikantenes tidskostnader knyttet til for-sinkelse. Normalt regner en at de samfunnsøkonomiske kost-nader pr personbiltime ligger i størrelsesorden 35-40 kr pr time (1983-kroner)

2. Vurdering av geometrisk utforming

En overordnet vurdering av kryssets utforming og regulering kan bl a gjøres på grunnlag av forsinkelsesvurderinger, dvs hvordan forsinkelsene fordeler seg på de enkelte kjørefelt. Signalregulering av krysset eller bygging av rundkjøring vil f eks gi en helt annen fordeling av fordeler og ulemper i krysset enn et forkjørsregulert kryss gir.

En mer detaljert vurdering vil bl a omfatte nødvendig antall felt på sidevegen, og nødvendig lengde av svinge-feltene. Beregning av forsinkelser og av dimensjonerende kølengder gir her et godt grunnlag.

For beregning av dimensjonerende kølengde må en velge akseptabel risiko, p , for overskridelse av dimensjonerende kølengde. Normalt benyttes $p=5\%$. I situasjoner der over-skrivelse har betydelige negative konsekvenser, bør en velge en lavere p -verdi, f eks $p=1\%$.

I Trafikkhindringsgrad

Kapasitetsreserven, K-M (kjt/t), er bestemmende for trafikkhindringsgraden i deltilfarten.

GRAD AV TRAFIKKHINDRING	Kapasitetsreserve K-M	Ekvivalent forsinkelse f
Overbelastning	<0 kjt/t	* sek/kjt
Sterk trafikkhindring	75 "	48 "
Middels trafikkhindring	150 "	24 "
Liten trafikkhindring	300 "	12 "
Ingen trafikkhindring	>600 "	< 6 "

*Gjennomsnittsforsinkelsen ved overbelastning kan bli svært stor hvis overbelastningen varer lenge.

II Forsinkelse

Følgende uttrykk gir et godt anslag på den gjennomsnittlige forsinkelsen, f, som trafikantene erfarer:

$$f = \frac{3600}{K-M} \text{ (sek/kjt)}$$

Det er viktig å merke seg at det er kapasitetsreserven K-M som bestemmer gjennomsnittsforsinkelsen. Dette innebærer at det til hver trafikkhindringsgrad i punkt I er knyttet en tilhørende forsinkelsesverdi. Denne er vist i tabellen i punkt I.

Totalforsinkelsen, F, i et kjørefelt (uttrykt i antall kjøretøy-timers forsinkelse pr time), kan beregnes på flere måter. Følgende sammenhenger gjelder:

$$F = \frac{f \cdot M}{3600} = \frac{M}{K-M} = \frac{M/K}{1-M/K} \text{ (kjt-timer pr time)}$$

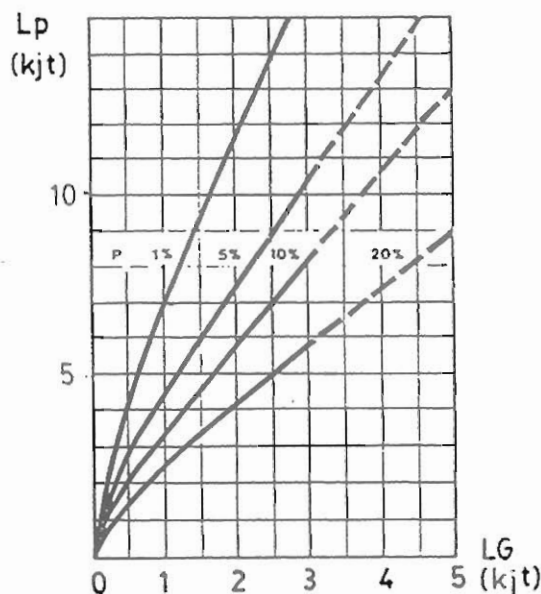
III KøleNGder

Gjennomsnittlig antall kjøretøyer i kø, L_g, vil være lik med verdien av totalforsinkelsen F, som beregnet i avsnitt II, dividert med antall felt trafikkstrømmen(e) disponerer, dvs

$$L_g = \frac{1}{n} \cdot \frac{M/K}{1-M/K} \text{ (kjt)}$$

Dimensjonerende køleNGde, L_p (kjt), avhenger av L_g og av akseptabel risiko, p, for overskridelse av L_p. L_p, uttrykt i kjt, leses av i figuren til høyre.

Nødvendige oppstillingsleNGde pr kjøretøy vil normalt ligge i området 7.5-9.0 meter, høyest verdi ved stor tungtrafikkandel.



1. Situasjonsskissen

De forhold som bør være angitt på skissen framgår av skjemaet. For hvert kjørefelt angis med pil(er) hvilke trafikstrømmer som kan benytte feltet.

2. Trafikkgrunnet

Kapasitets- og avviklingsberegninger utføres normalt for maksimaltiden både i morgenrushet og i ettermiddagsrushet, idet problemene oftest vil være forskjellige i disse to periodene.

Formålet med slike beregninger kan f.eks. være

- å vurdere hvordan endringer i geometri/regulering vil endre avviklingsforholdene i dagens situasjon
- å vurdere forholdene i et bestemt fremtidig år
- å vurdere hvor lenge krysset vil ha tilstrekkelig kapasitet/avviklingskvalitet gitt en bestemt trafikkvekst.

I alle disse vurderingene er det viktig å huske at en har betydelige trafikkvariasjoner. Både i dagens situasjon og for fremtidige år kan en ha store variasjoner innenfor maksimaltiden, og en finner også svingninger over året på 10-20% omkring gjennomsnittsverdien for maksimaltiden. For å få et representativt bilde av forholdene kan det derfor være aktuelt å gjennomføre kapasitets- og avviklingsberegninger for ulike belastningsnivåer for å kunne trekke konklusjoner om utforming, regulering og anleggets "levetid".

I Stedfestelse
av krysset:

II Situasjonsskisse. Angi trafikkøyer, feltinndeling, felt-
 bredder, gangfelt, vikepliktsskilting og nordpil. A-C er
 forkjørsvegen.

D

A

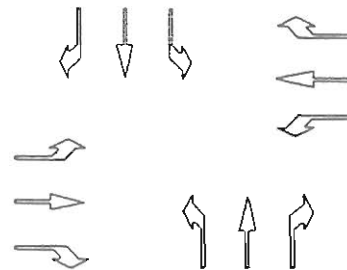
C

B

III Trafikkbelastning i kjt/t

Time:

År:



IV Andre opplysninger

Reguleringsform:

Vikeplikt

Stopplikt

Andel tunge kjt:

Primærveg%

Sekundærveg%

Fartsgrense:

Primærveg km/t

Sekundærveg km/t

Stigning inn mot
 krysset (siste 20 m):

Fra A:.....% Fra B:.....%

Fra C:.....% Fra D:.....%

Andre kommentarer:
 (sikt etc)

Frengangsmåte

- a) Radene 1 til 7 fylles ut for alle trafikkstrømmer.
- b) Beregningene for radene 8-10 utføres i rekkefølgen:
 1. Alle 2.ordens-strømmene
 2. Alle 3.ordens-strømmene
 3. Alle 4.ordens-strømmene
- c) De vikepliktige trafikkstrømmene fordeles på vikepliktige kjørefelt (rad 11). Vertikal oppstreking gjennomføres (alle rader fra og med rad 11). Eksempel er vist bak i heftet.
- d) For hvert enkelt vikepliktig kjørefelt (i vilkårlig rekkefølge) gjennomføres følgende prosedyre:
 1. Beregning av trafikkmengder og trafikkstrømandeler (rad 12 og 13).
 2. Hjelpstørrelsene a/K beregnes for de enkelte trafikkstrømmer i feltet, summeres for kjørefeltet og feltkapasiteten K beregnes (rad 14-15).
 3. Kapasitetsreserven K-M beregnes (rad 16) og benyttes som grunnlag for vurdering av trafikkhindringsgrad og forsinkelser (radene 17-18).
 4. Totalforsinkelsen F (antall kjøretøytimers forsinkelse pr time) beregnes (rad 19). Verdien av F benyttes også som grunnlag for beregning av dimensjonerende kølengde L_p (rad 20), som angitt i skjema A5.

Beregningseksemplene i vedlegget viser konkret hvordan punktene c og d gjennomføres med oppstreking og beregning.

Vurdering av total krysskapasitet

De kapasitetstall som er beregnet for de enkelte vikepliktige kjørefelt er bestemt av den totale trafikkbelastningen og trafikkmønsteret, dvs trafikks fordelling på de enkelte trafikkstrømmer. Dette betyr at en ikke kan summere kapasitetstallene for alle forkjørsberettigede og vikepliktige kjørefelt og si at dette er totalkapasiteten for krysset. Dersom en ønsker å bestemme totalkapasiteten for det trafikkmønsteret en har, må derfor dette skje ved at trafikkbelastningen økes suksessivt på alle tilfarter samtidig inntil ett av kjørefeltene (det kritiske kjørefeltet) belastes til kapasitetsgrensen. Den trafikkbelastningen en da har i krysset vil være kryssets totalkapasitet for det trafikkmønsteret som er forutsatt.

En konsekvens av dette er at en normalt finner forskjellige totalkapasitetstall for morgentrafikken og ettermiddags- trafikken, fordi trafikkmønsteret vil være forskjellig i de to periodene.

KAPASITETSBEREGNING AV FORKJØRSREGULERTE KRYSS
SKJEMA C BEREGNINGSAK

F15

Rad nr	Skjema henv.	Tilfart A			Tilfart B			Tilfart C			Tilfart D		
		AV	AG	AH	BV	BG	BH	CV	CG	CH	DV	DG	DH
1	Ordensklasse	A1,A2											
2	Trafikkmengde, M (kjt/t)	B											
3	Forkj.berettiget l.ordens-trafikk M_F (kjt/t)	A1,A2											
4	Kritisk tids-luke t_K (sek)	A3											
5	Utgangskapasitet, K_0 (kjt/t)	A4 figur											
6	Korreksjonsfaktor k_1	A4 tabell											
7	Korrigert K_0 -verdi (kjt/t)	A4 rad 5,6											
8	Reduksjonsfaktor for kødannelse, P_K	A1,A2											
9	Kapasitet for trafikkstrømmen $K = K_0 \cdot P_K$ (kjt/t)	rad 7, rad 8											
10	Hjelpestørrelse $(1-M/K)$	rad 2, rad 9											
11	Inndeling i vikepliktige kjørefelt	B											
12	Trafikkmengde i feltet M (kjt/t)	rad 2											
13	Strømmenes andel av trafikken i feltet, a (%)	rad 2, rad 12											
14	Størrelsen a/K beregnes for hver strøm og summeres for hvert felt	rad 13, rad 9											
15	Feltpasitet $K=100/\sum a/K$ (kjt/t)	rad 14											
16	Kapasitetsreserve $K-M$ (kjt/t)	rad 15, rad 12											
17	Trafikkhindrings-grad	A5, rad 16											
18	Gj.sn. forsinkelse $f = \frac{3600}{K-M}$ (sek/kjt)	A5, rad 16											
19	Totalforsinkelse $F = \frac{f \cdot M}{3600} = \frac{M}{K-M}$ (kjt-timer pr time)	A5, rad 18, rad 12, evt rad 12, rad 16											
20	Dimensjonerende kølengde, L_p (kjt)	A5											

METODE R
KAPASITETSBEREGNING AV
RUNDKJØRINGER

1. Grunnlaget

Beregningsmetoden i skjema A er en forenklet utgave av en metode utviklet i England*. Den engelske metoden er basert på meget omfattende studier av avviklingskapasitet under ulike geometriske forhold. Foreløpige erfaringer tyder på at tilsvarende avviklingsnivåer også kan oppnås for norske forhold.

I eksisterende rundkjøringer med stor trafikkbelastning kan en sammenlikne beregnet kapasitet med observert kapasitet ved å benytte observasjonsmetoden i skjema D.

2. Geometriens betydning

Erfaringene fra England viser at tilfartenes geometriske utforming kan ha vesentlig innvirkning på kapasiteten. Dette gjelder særlig innkjøringsbredden og lengden breddeutvidelsen foretas over, se skjema B. Jo større innkjøringsbredden er, og jo lengre avstand breddeutvidelsen foretas over, jo større blir kapasiteten. Diameteren har ikke beregningsmessig innvirkning på kapasiteten, men vil ha indirekte betydning for hvor stor innkjøringsbredde og breddeutvidelse det er mulig å oppnå. Diameteren vil også ha innvirkning på hvor stor avbøyning og hastighetsreduksjon rundkjøringen gir, noe som kan ha trafiksikkerhetsmessig betydning.

Kapasiteten vil i praksis øke svakt med økende innkjøringsradius. En innkjøringsradius på 30 m gir ca 2% høyere kapasitet enn det standardformlene tilsier, mens en verdi på 10 m gir 5% lavere kapasitet.

Stigning inn mot rundkjøringen kan ha vesentlig kapasitetsreducerende effekt, særlig når tungtrafikkandelen er stor.

Merk også at geometrien i utfartene kan være avgjørende for rundkjøringens kapasitet. Det må derfor undersøkes om utfartene kan ta imot trafikken gjennom rundkjøringen, hensyn tatt til breddeforhold og eventuelle uregulerte eller signalregulerte gangfelt.

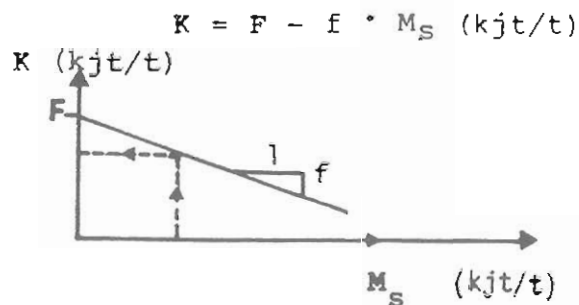
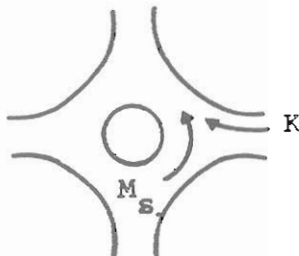
3. Trafikkmønsterets betydning

Merk at kapasiteten i de enkelte tilfarter vil være svært avhengig av både trafikkbelastningen og trafikkmønsteret (fordelingen på svingeretninger) i krysset. Totalkapasiteten kan derfor ikke finnes ved å summere de beregnede tilfartskapasiteter, men må finnes ved suksessiv økning av belastningen på alle tilfarter samtidig inntil belastningen i én av tilfartene (den kritiske tilfarten) når kapasitetsgrensen. Den trafikkbelastningen en da har i krysset tilsvarer rundkjøringens totalkapasitet for det trafikkmønsteret som er forutsatt. Dette betyr også at en normalt vil finne forskjellige kapasitetstall for morgenperioden og ettermiddagsperioden.

* Kimber R.M.: The traffic capacity of roundabouts
TRRL Laboratory Report 942, Crowthorne 1980

I Generell formel

Tilfartskapasiteten K er lineært avhengig av den sirkulerende (forkjørsberettigede) trafikken M_S for tilfarten.



Verdiene for maksimalkapasiteten F og kapasitetsgradienten f avhenger av tilfartens geometriske utforming. Følgende 4 størrelser virker inn (se skjema B for nærmere detaljer):

- v = tilfartsbredden før breddeutvidelsen (meter)
- e = innkjøringsbredde (meter)
- l' = uttrykk for breddeutvidelseslengden (meter)
- r = innkjøringsradius (meter)

II Standardformel

Følgende standardformler benyttes for bergning av F og f:

$$F = 275 \cdot X$$

$$f = 0.282 \cdot (1 + 0.2 X)$$

$$X = v + \frac{(e-v)}{1+2 \cdot S}$$

$$S = \frac{1.6 (e-v)}{l'}$$

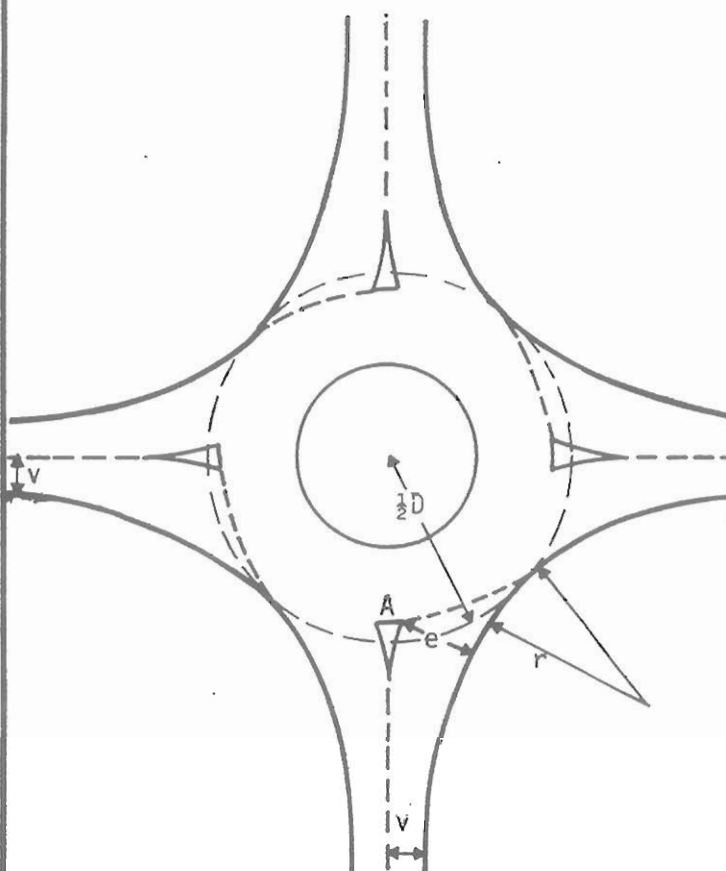
} hjelpestørrelser

Formlene gir god tilpasning for diameterverdier mellom 20 og 40 m og for innkjøringsradier mellom 15 og 25 m. Det er også forutsatt 10% tunge kjøretøyer og flatt krysssonråde.

III Korreksjon for stigning og tungtrafikk, k_1

Ved stigning/fall eller ved tungtrafikkandel forskjellig fra 10%, korrigeres beregnet tilfartskapasitet med korreksjonsfaktoren k_1 i tabellen nedenfor.

% tunge	Stigning (+)/fall (-)				
	-4	-2	+0	+2	+4
0	1.37	1.22	1.10	.92	.79
5	1.33	1.18	1.05	.87	.72
10	1.32	1.15	1.00	.83	.66
15	1.30	1.10	.95	.79	.61
20	1.28	1.08	.92	.75	.57



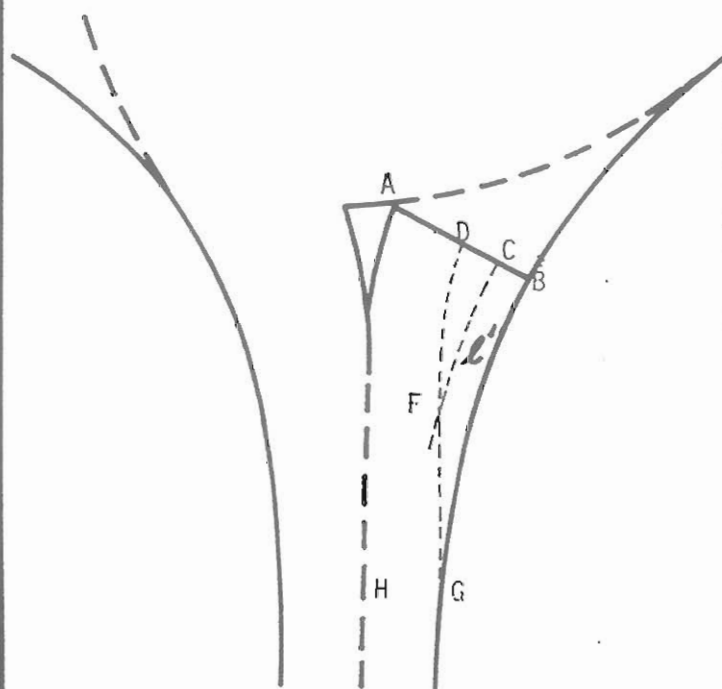
Forklaring I

v = tilfartsbredden, dvs bredden av innkommende kjørefelt før breddeutvidelsen er påbegynt.

e = innkjøringsbredden, dvs bredden av innkommende kjørefelt helt inntil rundkjøringen.

r = innkjøringsradius, dvs radius for ytre kjørebane kant ved vikelinjen.

D = diameter i innskrevne sirkel. Størrelsen benyttes ikke i beregningene her, men benyttes i den mer detaljerte engelske metoden. Merk at D egentlig måles separat for hver tilfart, umiddelbart etter tilfarten.



Forklaring II

Breddeutvidelsen av tilfarten skjer over lengden EG . Denne breddeutvidelseslengden uttrykkes i denne og i den engelske beregningsmetoden ved hjelp av størrelsen $l' = CF$.

Denne størrelsen måles fra kart på følgende måte:

1. Trekk linjen GD parallelt til indre kjørebane kant HA .
2. Merk av punkt C midt på BD og trekk en parallell til ytre kjørebane kant EG inntil denne skjærer GD i punkt F .
3. Lengden av $l' = CF$ måles

Fremgangsmåte:

1. Geometriske data måles ut fra plantegning (rad 1-3).
2. Beregningsparametrene S , X , F og f beregnes (rad 4-7).
3. Med bakgrunn i trafikk tallene i skjemadel II beregnes sirkulerende trafikk M_S for hver av tilfartene (rad 8).
4. Ukorrigert tilfartskapasitet K' beregnes. Denne verdien gjelder for flatt kryssområde og 10% tunge kjøretøyer (rad 9).
5. Dersom tungtrafikkandelen avviker særlig fra 10%, eller det forekommer stigning eller fall i krysstillfartene, korrigeres for dette med korreksjonsfaktoren k_1 (rad 10 og 11)

I tillegg til dette kan det også være aktuelt å korrigere for andre forhold, som f eks innkjøringsradier utenfor standardområdet 15-25 m, jfr kommentarer og litteraturhenvisning i ark R1.

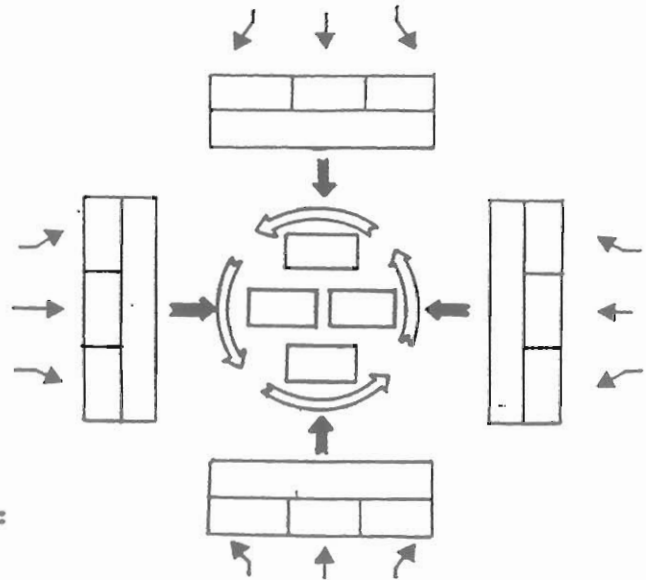
6. Kontroll av trafikkmengder mot tilfartskapasitet må foretas fordi trafikkbelastningen i en tilfart kan overstige tilfartskapasiteten. Dette innebærer at verdiene for sirkulerende trafikk må korrigeres, og nye kapasitetstall beregnes. Flere beregningsomganger kan være nødvendig i enkelte tilfeller for å finne en likevektstilstand.
7. Gjennomsnittsforsinkelse og totalforsinkelse beregnes i rad 12-15 som for forkjøringsregulerte kryss, se metodeark F11.
8. Ved denne beregningsmetoden er det forutsatt at breddeutvidelsen i tilfarten også blir utnyttet i praksis. Noen få norske erfaringer under pressede trafikkforhold indikerer at dette skjer når den geometriske utformingen er god. Inntil ytterligere erfaringer foreligger bør beregnede kapasitetstall og tilhørende forsinkelser benyttes med forsiktighet. Dersom en ønsker å være på den sikre siden, kan en benytte en redusert verdi for innkjøringsbredden i beregningene.

KAPASITETSBEREGNING AV RUNDKJØRINGER
 SKJEMA C BEREGNINGS- OG RESULTATSKJEMA

R5

1 Plan med tilfarts-
betegnelser:
 (detaljplan legges
 ved på eget ark)

II Trafikktall (kjt/t):



Time:
 År:
 ÅDT:

III Beregninger:

Rad nr.	Størrelse	Henv.	A	B	C	D	(E)
1	Tilfarts bredde, v (m)	B					
2	Innkjøringsbredde, e (m)	B					
3	Bredeutvidelsesfaktor, l' (m)	B					
4	$S = \frac{1.6 (e-v)}{l'}$	A, rad 1-3					
5	$X = v + \frac{(e-v)}{1+2 \cdot S}$	A, rad 1-3,4					
6	$F = 275 \cdot X$	A, rad 5					
7	$f = 0.282 \cdot (1+0.2 \cdot X)$	A, rad 5					
8	Sirkulerende trafikk M_s (kjt/t)	A,C					
9	Ukorrigert tilfartskapasitet $K' = F - f \cdot M_s$ (kjt/t)	A, rad 6-8					
10	Korreksjonsfaktor for stign. og tungtraf., k_1	A					
11	Beregnet tilfartskapasitet $K = k_1 \cdot K'$ (kjt/t)	rad 9-10					
12	Trafikkbelastning i tilfarten, M (kjt/t)	C					
13	Kapasitetsreserve $K-M$ (kjt/t)	rad 11,12					
14	Gj.sn. forsinkelse $f = \frac{3600}{K-M}$ (sek/kjt)	rad 13					
15	Totalforsinkelse $f = \frac{f \cdot M}{3600} = \frac{M}{K-M}$ (kjt-timer pr time)	rad 12, 14 rad 12, 13					

Fremgangsmåte ved registrering av kapasiteten for en bestemt tilfart:

1. Geometriske grunndata (v , e , og l') bestemmes fra kart eller målinger på stedet (jfr rad 1-3 i skjema C).
2. Hjelpetørrelsene S og X beregnes (rad 4 og 5, skjema C). og helningen på kapasitetskurven, f beregnes (rad 7 i skjema C).
3. Avviklet trafikk fra tilfarten, m_t (kjt/min), og sirkulerende trafikk m_s (kjt/min) registreres i etterfølgende minutt-perioder med kontinuerlig kødannelse og full utnyttelse av tilfarten. Registreringene blir mer pålitelige jo lengre perioder kødannelsen varer (helst opp mot 20 min sammenhengende). Tilsammen bør en registrere avviklingen i omlag 60 minutt-perioder.
4. Beregn gjennomsnittlig trafikkavvikling fra tilfarten, M_t (kjt/time), og gjennomsnittlig sirkulerende trafikk, M_s (kjt/time). M_t tilsvarer kapasitetsverdien K under de herskende veg- og trafikkforhold.
5. Den lokale maksimalkapasitetsverdien F (kjt/t) beregnes fra uttrykket
$$K = M_t = F - f \cdot M_s, \text{ dvs } F = M_t + f \cdot M_s$$
En har dermed bestemt de nødvendige data for å etablere den "lokale kapasitetskurven"
$$K = F - f \cdot M_s$$
idet f er beregnet tidligere (punkt 2).
6. Når denne fremgangsmåten følges fullt ut, vil standardfeilen for F -verdien normalt være mindre enn 100 kjt/t. Kortere registreringsperiode vil gi større usikkerheter.
7. Den beregnede kapasitetskurven gjelder for den tungtrafikkan-delen som er til stede i tilfarten under registreringene. For sammenlikning med generelle erfaringsverdier for F må det tas hensyn til tungtrafikk og stigningsforhold som angitt i skjema A.

KAPASITETSBEREGNING AV RUNDKJØRINGER
 SKJEMA D REGISTRERING AV TILFARTSKAPASITET

R7

I Plan over tilfarten det registreres i:

II Tilfarts-data:

1. Tilfartsbredde, v(m) :
2. Innkjøringsbredde, e (m):
3. Breddeutv. faktor l' (m):
4. S-verdi :
5. X-verdi :
6. f-verdi :
7. Stigning/fall* (%) :
8. Tungtrafikkandel (%) :

*Fall inn mot krysset angis med -

III Registreringsdata for minuttperioder:

	Tids- ang.	m_t (kjt/min)	m_s (kjt/min)	Tids- ang.	m_t kjt/min	m_s kjt/min	Tids- ang.	m_t kjt/min	m_s kjt/min
01									
02									
03									
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
		$\Sigma m_t =$	$\Sigma m_s =$		$\Sigma m_t =$	$\Sigma m_s =$		$\Sigma m_t =$	$\Sigma m_s =$

Antall minuttperioder, n =

Total trafikkavvikling fra tilfarten (kjt/t) $M_t = \Sigma m_t \cdot \frac{60}{n}$

Total sirkulerende trafikk (kjt/t) $M_s = \Sigma m_s \cdot \frac{60}{n}$

Maksimalkapasitet (kjt/t) $F = M_t + f_s \cdot M_s$

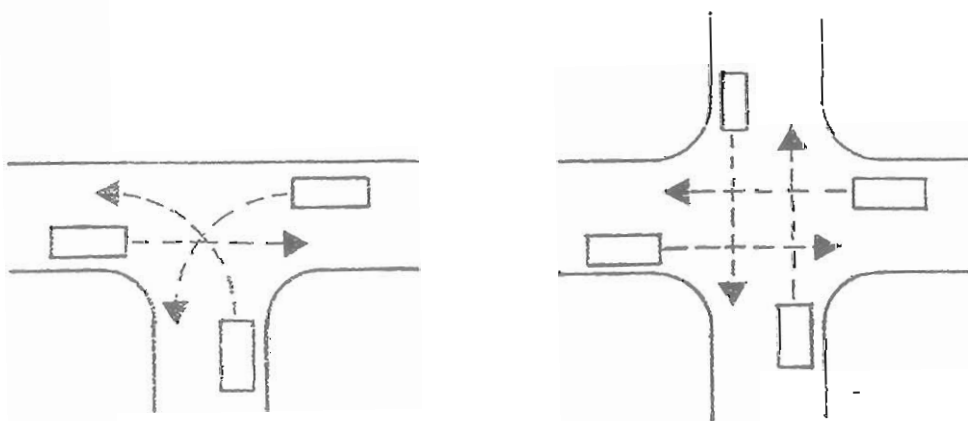
Lokal kapasitetskurve: $K_t = F - f_s \cdot M_s =$ _____ kjt/t

METODE U

KAPASITETSBEREGNING AV
UREGULERTE KRYSS

Når trafikkbelastningen øker, vil uregulerte kryss være preget av forholdsvis uryddige utviklingsforhold. Blant annet vil en ofte finne eksempler som i figuren nedenfor, der trafikkavviklingen i begge tilfeller låser seg etter høyreregelen (blokkering), men hvor floken vanligvis løser seg ved at sist ankomne kjøretøy kjører først.

FIGUR Blokkerings situasjoner i uregulerte kryss



Dette er én av årsakene til at nøyaktige beregningsmetoder for kryss med høyreregel ikke er utviklet. En annen årsak er at utviklingsforholdene ved en viss trafikkbelastning er ustabile og preget av "rykk og napp" -kjøring. Slike kryss vil derfor ofte bli omregulert eller ombygget uten at kapasitetsberegninger er nødvendig. Metodene i skjema A kan likevel være nyttige idet de muliggjør en tallmessig vurdering av hvilke forbedringer regulering av uregulerte kryss kan føre til.

1. Kapasitet

For uregulerte kryss (kryss der høyreregelen gjelder) fore-
 ligger det bare grove metoder for kapasitetsberegning.
 Følgende fremgangsmåte anbefales:

Uregulerte T-kryss kan i stor utstrekning beregnes som
 om de var forkjørsregulerte (se egen metode for dette), dog
 med betydelig usikkerhet.

For uregulerte X-kryss med trafikk i begge retninger, er
 den innbyrdes avhengighet mellom de enkelte bevegelser så
 stor at en i liten grad kan benytte kapasitetsberegning ved
 hjelp av kritisk tidsluke som i forkjørsregulerte X-kryss.
 For høyreregulerte X-kryss benyttes tabellen nedenfor. Denne
 gir en indikasjon på totalkapasiteten, K, for krysset som
 funksjon av andel venstresvingende kjøretøyer og forholdet
 mellom trafikkmengdene i den minst belastede og den mest
 belastede gaten.

Totalkapasiteten for X-kryss mellom tofeltsgater med trafikk
 i begge retninger og høyreregulert:

Andel venstre- svingende kjøretøyer 1)	Belastningsforholdet M_{\min}/M_{\max} 2)					
	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0
0	1700	1650	1600	1600	1650	2000
0, 10	1600	1550	1550	1500	1500	1750
0, 20	1500	1500	1500	1450	1450	1600

1) Antas like for alle tilfarer

2) Forholdet mellom trafikkmengdene i henholdsvis minst og
 mest belastede gater

2. Forsinkelse

Følgende uttrykk gir et grovt anslag på gjennomsnittsfor-
 sinkelsen i uregulerte kryss:

$$f = \frac{A \cdot M}{K - M} \text{ (sek/kjt)}$$

M = trafikkvolum (kjt/t)
 K = kapasitet (kjt/t)
 A = konstant

Anbefalte A-verdier er omkring 2.0 i T-kryss og omkring 6.0 i
 X-kryss.

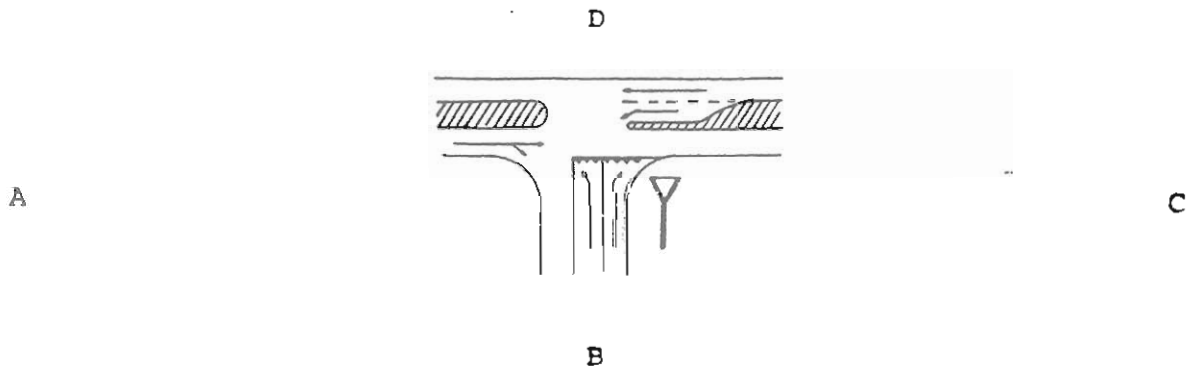
VEDLEGG

BEREGNINGSEKSEMPLER

I Stedfestelse
 av krysset:

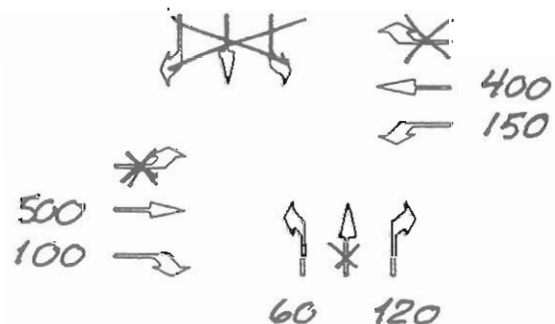
EKSEMPEL 1 - T-KRYSS I

II Situasjonsskisse. Angi trafikkøyer, feltinndeling, feltbredder, gangfelt, vikepliktsskilting og nordpil. A-C er forkjørsvegen.



III Trafikkbelastning i kjt/t

Time: *Gj.sn. ettermidd.rush*
 1530 - 1630
 År: 1983



IV Andre opplysninger

Reguleringsform: Vikeplikt Stopplikt

Andel tunge kjt: Primærveg ...15...%
 Sekundærveg ...15...%

Fartsgrense: Primærveg ...50... km/t
 Sekundærveg ...50... km/t

Stigning inn mot krysset (siste 20 m):
 Fra A: ...% Fra B: ...2...%
 Fra C: ...% Fra D: ...%

Andre kommentarer:
 (sikt etc)

KAPASITETSBEREGNING AV FORKJØRSREGULERTE KRYSS
SKJEMA C BEREGNINGSAK

F15

EKSEMPEL 1
T-KRYSS I

Rad nr	Skjema henv.	Tilfart A			Tilfart B			Tilfart C			Tilfart D		
		AV	AG	AH	BV	BG	BH	CV	CG	CH	DV	DG	DH
1	Ordensklasse	Al,A2	-	1	1	3	-	2	2	1	-	-	-
2	Trafikkmengde, M (kjt/t)	B		500	100	60		120	150	400			
3	Forkj.berettiget 1.ordens-trafikk M_F (kjt/t)	Al,A2				950		550	600				
4	Kritisk tids-luke t_K (sek)	A3				5.5		5.0	5.0				
5	Utgangskapasitet, K_0 (kjt/t)	A4 figur				350		670	640				
6	Korreksjonsfaktor k_1	A4 tabell				.79		.79	.95				
7	Korrigert K_0 -verdi (kjt/t)	A4 rad 5,6				277		529	608				
8	Reduksjonsfaktor for kødannelse, P_K	Al,A2				.75		-	-				
9	Kapasitet for trafikkstrømmen $K = K_0 \cdot P_K$ (kjt/t)	rad 7, rad 8				208		529	608				
10	Hjelpstørrelse (1-M/K)	rad 2, rad 9						.75					
11	Inndeling i vikepliktige kjørefelt	B				BV		BH	CV				
12	Trafikkmengde i feltet M (kjt/t)	rad 2				60		120	150				
13	Strømmenes andel av trafikken i feltet, a (%)	rad 2, rad 12											
14	Størrelsen a/k beregnes for hver strøm og summeres for hvert felt	rad 13, rad 9											
15	Feltpkapasitet $K=100/\sum a/k$ (kjt/t)	rad 14				208		529	608				
16	Kapasitetsreserve K-M (kjt/t)	rad 15, rad 12				148		409	458				
17	Trafikkhindringsgrad	A5, rad 16				Midd.		Liten	Liten				
18	Gj.sn. forsinkelse $f = \frac{3600}{K-M}$ (sek/kjt)	A5, rad 16				24.3		8.8	7.9				
19	Totalforsinkelse $F = \frac{f \cdot M}{3600} = \frac{M}{K-M}$ (kjt-timer pr time)	A5, rad 18, rad 12, evt rad 12, rad 16				0.41		.29	.33				
20	Dimensjonerende * kølengde, L_p (kjt)	A5				$p=5\%$ $p=1\%$	≤ 2 3	≤ 2 ≤ 2	≤ 2 ≤ 2				

15% tunge kjøt i alle tilfarter, 2% stigning fra B

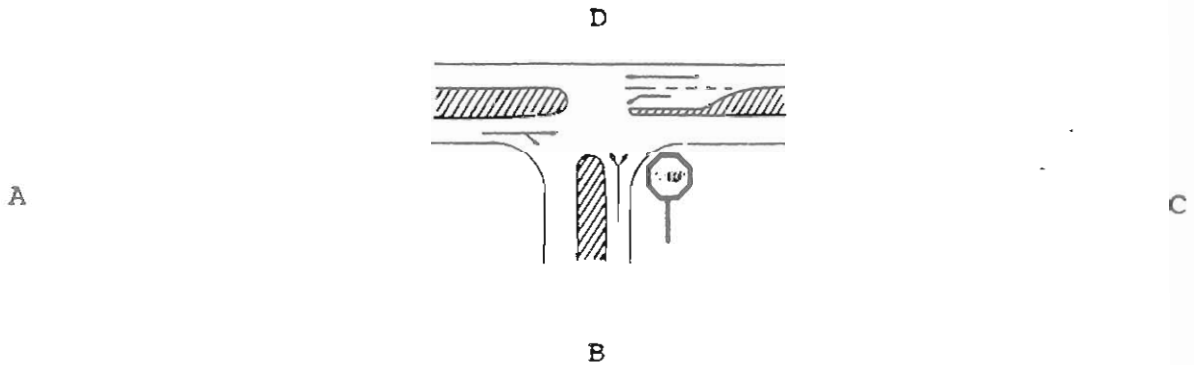
Benyttes for å korrigere kapasiteten for 3. ordens-strømmen BV

Totalforsinkelsen i krysset er 1.03 kjøretøy timer i den timen som betraktes.

* Sloyfer detaljlesning for dim. kølengder mindre enn 2 kjøt.

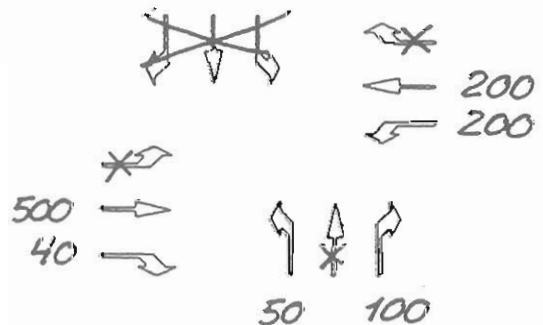
I Stedfestelse av krysset: EKSEMPEL 2 T-KRYSS II

II Situasjonsskisse. Angi trafikkøyer, feltinndeling, feltbredder, gangfelt, vikepliktsskilting og nordpil. A-C er forkjørsvegen.



III Trafikkbelastning i kjt/t

Time: Gj.sn. ettermidd. rush +10%
 1530-1630
 År: 1983



IV Andre opplysninger

Reguleringsform: Vikeplikt Stopplikt

Andel tunge kjt: Primærveg ... 0 ... %
 Sekundærveg ... 0 ... %

Fartsgrense: Primærveg ... 80 ... km/t
 Sekundærveg ... 50 ... km/t

Stigning inn mot krysset (siste 20 m):
 Fra A: ... % Fra B: ... %
 Fra C: ... % Fra D: ... %

Andre kommentarer:
 (sikt etc)

KAPASITETSBEREGNING AV FORKJØRSREGULERTE KRYSS

SKJEMA C BEREGNINGSAK

EKSEMPEL 2

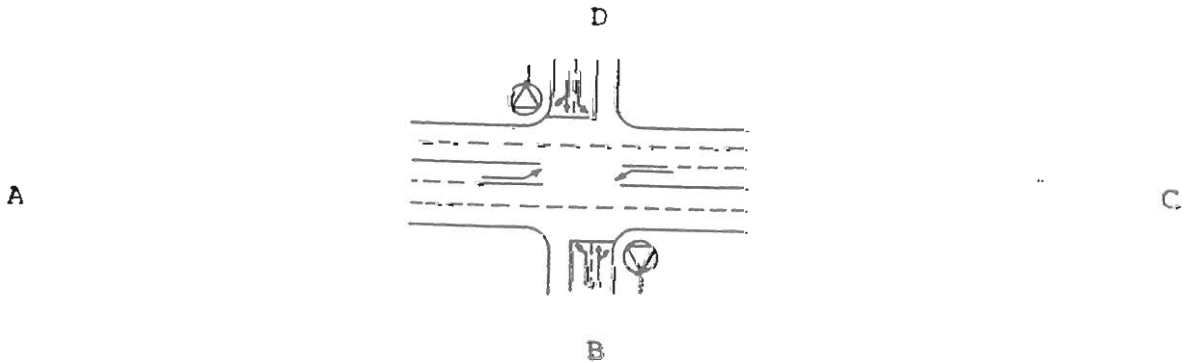
F15

T-KRYSS II

Rad nr	Skjema henv.	Tilfart A			Tilfart B			Tilfart C			Tilfart D		
		AV	AG	AH	BV	BG	BH	CV	CG	CI	DV	DG	DH
1	Ordensklasse	Al,A2	-	1	1	3	-	2	2	1	-	-	-
2	Trafikkmengde, M (kjt/t)	B		500	40	50		100	200	200			
3	Forkj.berettiget l.ordens-trafikk M_F (kjt/t)	Al,A2				720		520	540				
4	Kritisk tidsluke t_K (sek)	A3				8.2		7.7	6.2	Fartsgrensen og stoppeplikt påvirker t_K -verdiene			
5	Utgangskapasitet, K_0 (kjt/t)	A4 figur				215		340	490				
6	Korreksjonsfaktor k_1	A4 tabell				1.10		1.10	1.10	Bare lette kjøt, ingen sligninger			
7	Korrigert K_0 -verdi (kjt/t)	A4 rad 5,6				238		374	539				
8	Reduksjonsfaktor for kødannelse, P_K	Al,A2				.63		-	-				
9	Kapasitet for trafikkstrømmen $K = K_0 \cdot P_K$ (kjt/t)	rad 7, rad 8				150		374	539				
10	Hjelpstørrelse $(1-M/K)$	rad 2, rad 9								.63			
11	Inndeling i vikepliktige kjørefelt	B				BHV		CV	Strømmene BV og BH benytter felles felt.				
12	Trafikkmengde i feltet M (kjt/t)	rad 2				150		200					
13	Strømmenes andel av trafikken i feltet, a (%)	rad 2, rad 12				33		67					
14	Størrelsen a/K beregnes for hver strøm og summeres for hvert felt	rad 13, rad 9				.220		.179					
						.399							
15	Feltkapasitet $K=100/\sum a/K$ (kjt/t)	rad 14				251		539					
16	Kapasitetsreserve $K-M$ (kjt/t)	rad 15, rad 12				101		339					
17	Trafikkhindringsgrad	A5, rad 16				sterk/midd.		liten					
18	Gj.sn. forsinkelse $f = \frac{3600}{K-M}$ (sek/kjt)	A5, rad 16				35.6		10.6					
19	Totalforsinkelse $F = \frac{f \cdot M}{3600} = \frac{M}{K-M}$ (kjt-timer pr time)	A5, rad 18, rad 12, evt rad 12, rad 16				1.48		0.59	Total forsinkelse er 2.07 kjøt-timer i den timen som betraktes				
20	Dimensjonerende kølengde, L_p (kjt)	A5				$p=5\%$ $p=1\%$		3.6 5.5		2.0 3.0			

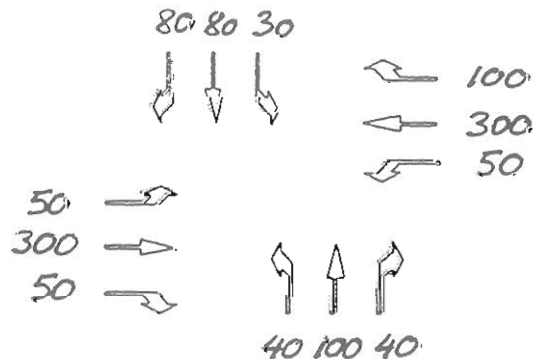
I Stedfestelse
 av krysset: *EKSEMPEL 3 X-KRYSS 1*

II Situasjonsskisse. Angi trafikkøyer, feltinndeling, feltbredder, gangfelt, vikepliktsskilting og nordpil. A-C er forkjørsvegen.



III Trafikkbelastning i kjt/t

Time: *Gj.sn. morgenrush*
0730 - 0830
 Ar: *1983*



IV Andre opplysninger:

Reguleringsform: Vikeplikt Stopplikt

Andel tunge kjt: Primærveg ... *10* ... %
 Sekundærveg ... *10* ... %

Fartsgrense: Primærveg ... *50* ... km/t
 Sekundærveg ... *50* ... km/t

Stigning inn mot krysset (siste 20 m):
 Fra A: ... % Fra B: ... %
 Fra C: ... % Fra D: ... %

Andre kommentarer:
 (sikt etc) —

KAPASITETSBEREGNING AV FORKJØRSREGULERTE KRYSS
SKJEMA C BEREGNINGSAK

EKSEMPEL 3

F15

X-KRYSS I

Rad nr	Skjema henv.	Tilfart A			Tilfart B			Tilfart C			Tilfart D		
		AV	AG	AH	BV	BG	BH	CV	CG	CH	DV	DG	DH
1	Ordensklasse	2	1	1	4	3	2	2	1	1	4	3	2
2	Trafikkmengde, M (kjt/t)	50	300	50	40	100	40	50	300	100	30	80	80
3	Forkj.berettiget l.ordens-trafikk M_F (kjt/t)	400			675	725	325	350			675	700	350
4	Kritisk tids-luke t_K (sek)	5.0			7.3	7.3	6.5	5.0			7.3	7.3	6.5
5	Utgangskapasitet, K_0 (kjt/t)	800			290	270	600	840			290	280	580
6	Korreksjonsfaktor k_1	1.00			1.00	1.00	1.00	1.00			1.00	1.00	1.00
7	Korrigert K_0 -verdi (kjt/t)	800			290	270	600	840			290	280	580
8	Reduksjonsfaktor for kødannelse, P_K	-			.59 ²⁾	.88 ¹⁾	-	-			.51 ³⁾	.88 ¹⁾	-
9	Kapasitet for trafikkstrømmen $K = K_0 \cdot P_K$ (kjt/t)	800			171	238	600	840			148	246	580
10	Hjelpestørrelse $(1-M/K)$.94				.58		.94				.67	
11	Inndeling i vikepliktige kjørefelt	AV			BV	BHG		CV			DV	DHG	
12	Trafikkmengde i feltet M (kjt/t)	50			40	140		50			30	160	
13	Strømmenes andel av trafikken i feltet, a (%)	-			-	71	29	-			-	50	50
14	Størrelsen a/k beregnes for hver strøm og summeres for hvert felt	-			-	.298	.048	-			-	.203	.086
		-			-	.346		-			-	.289	
15	Feltkapasitet $K=100/\sum a/k$ (kjt/t)	800			171	289		840			148	346	
16	Kapasitetsreserve $K-M$ (kjt/t)	750			131	149		790			118	186	
17	Trafikkhindringsgrad	Ingen			Midd.	Midd.		Ingen			Midd.	Midd.	
18	Gj.sn. forsinkelse $f = \frac{3600}{K-M}$ (sek/kjt)	4.8			27.5	24.2		4.6			30.5	19.4	
19	Totalforsinkelse $F = \frac{f \cdot M}{3600} = \frac{M}{K-M}$ (kjt-timer pr time)	.07			.31	.94		.06			.25	.86	
20	Dimensjonerende kølengde, L_p (kjt)	$p=52 \leq 2$ $p=17 \leq 2$			≤ 2	2.5		≤ 2			≤ 2	2.4	
					≤ 2	3.7		≤ 2			≤ 2	3.5	

$$1) \quad \underset{\substack{\uparrow \\ \text{fra AV}}}{0.94} \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{fra CV}}}{0.94} = \underline{0.88}$$

$$2) \quad \underset{\substack{\uparrow \\ \text{AV}}}{0.94} \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{CV}}}{0.94} \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{DG}}}{0.67} = \underline{0.59}$$

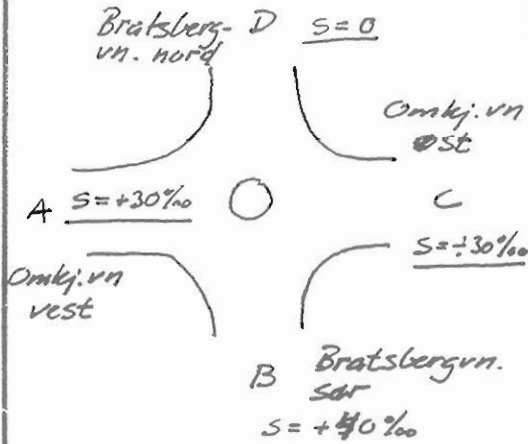
$$3) \quad \underset{\substack{\uparrow \\ \text{AV}}}{0.94} \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{BG}}}{0.94} \times \underset{\substack{\uparrow \\ \text{DG}}}{0.58} = \underline{0.51}$$

EKSEMPEL 4 RUNDKJØRING

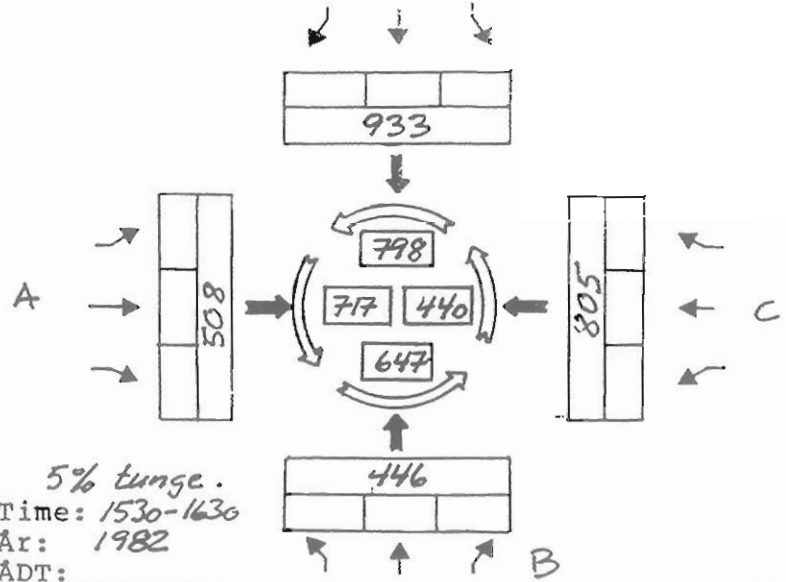
KAPASITETSBEREGNING AV RUNDKJØRINGER
SKJEMA C BEREGNINGS- OG RESULTATSKJEMA

R5

I Plan med tilfarts-
betegnelser:
(detaljplan legges
ved på eget ark)



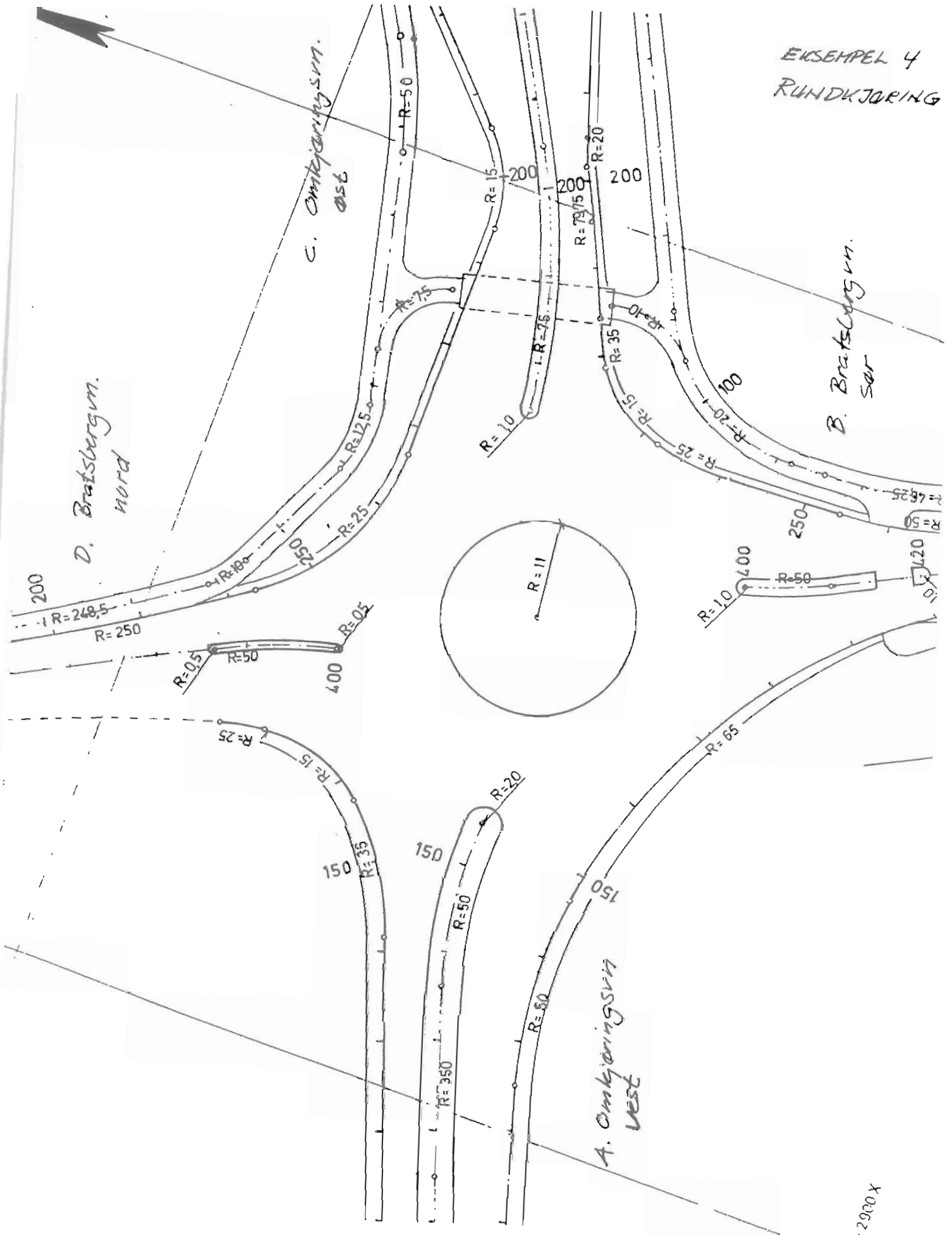
II Trafikktall (kjt/t):



III Beregninger:

Rad nr.	Størrelse	Henv.	A	B	C	D	(E)
1	Tilfartsbredde, v (m)	B	3.5	3.5	3.5	3.5	
2	Innkjøringsbredde, e (m)	B	10.5	10.5	9.5	10.5	
3	Breddeutvidelsesfaktor, l' (m)	B	23	11	17	11	
4	$S = \frac{1.6(e-v)}{l'}$	A, rad 1-3	0.49	1.02	0.56	1.02	
5	$X = v + \frac{(e-v)}{1+2 \cdot S}$	A, rad 1-3,4	7.04	5.80	6.33	5.80	
6	$F = 275 \cdot X$	A, rad 5	1936	1595	1740	1595	
7	$f = 0.282 \cdot (1+0.2 \cdot X)$	A, rad 5	0.68	0.61	0.64	0.61	
8	Sirkulerende trafikk M_S (kjt/t)	A,C	717	647	440	798	
9	Ukorrigert tilfartskapasitet $K^i = F - f \cdot M_S$ (kjt/t)	A, rad 6-8	1448	1200	1458	1108	
10	Korreksjonsfaktor for stign. og tungtraf., k_1	A	0.80	0.72	1.25	1.05	
11	Beregnet tilfartskapasitet $K = k_1 \cdot K^i$ (kjt/t)	rad 9-10	1158	864	1822	1163	
12	Trafikkbelastning i tilfarten, M (kjt/t)	C	508	446	805	933	
13	Kapasitetsreserve K-M (kjt/t)	rad 11,12	650	418	1017	230	
14	Gj.sn. forsinkelse $f = \frac{3600}{K-M}$ (sek/kjt)	rad 13	5.5	8.6	3.5	15.7	
15	Totalforsinkelse $f = \frac{f \cdot M}{3600} = \frac{M}{K-M}$ (kjt-timer pr time)	rad 12, 14 rad 12, 13	0.78	1.07	0.78	4.07	Sum } 6.7

EKSEMPEL 4
RUNDKJØRING



2900 x

**Vegdirektoratet
Håndboksekretariatet
Postboks 6390 Etterstad
0604 Oslo 6**