

Til
Københavns Kommune

Dokumenttype
Rapport

Date
Juli 2012

GRØN CYKELBØLGE 2.0

FORSLAG TIL IMPL- MENTERING

GRØN CYKELBØLGE 2.0 FORSLAG TIL IMPLEMENTERING

Revision **1**
Dato **2012-07-20**
Udarbejdet af **RL, NICH**
Kontrolleret af **NICH**
Godkendt af **CM**

INDHOLD

1.	Indledning	1
1.1	Grøn cykelbølge 1.0	1
1.2	Formål og krav til projektet.	2
1.3	Metodevalg	2
2.	Trafikteknisk analyse	3
2.1	Beskrivelse af strækningen	3
2.1.1	Afgrænsning af strækningen	3
2.1.2	Trafikal funktion og planforhold	3
2.1.3	Grønne cykelruter	4
2.1.4	Kryds	4
2.1.5	Vognbanefordeling	6
2.1.6	Cykelstier og cykelbaner	6
2.1.7	Busstoppesteder og perroner	6
2.1.8	Fritliggende fodgængerfelter	7
2.2	Dagens trafikmængder og trafikforhold	7
2.2.1	Cykeltrafik	7
2.2.2	Biltrafik	8
2.2.3	Primære trafikale forbindelser	9
2.2.4	Rutebusser	10
2.3	Grænsefladeprojekter	11
2.3.1	Nordhavnsvej	11
2.3.2	Metrobyggeri på Oslo Plads/St. Kongensgade og Trianglen.	11
2.3.3	Stationsbyggeri på Nørreport Station	11
2.3.4	Sikkerhedsprojekt	11
2.3.5	Busprio-projekt	11
2.3.6	St. Kongensgade - cykelsti	12
2.4	Signalanlæg	12
2.4.1	Programmer og driftsform	12
2.4.2	Signaludstyr	12
2.4.3	Trafikstyring	12
2.4.4	Samordning	14
2.4.5	Samordning mellem tætliggende kryds og fra sidegader	15
2.5	Opsummering på den trafiktekniske analyse	15
3.	Løsningsforslag på Grøn Bølge 2.0	16
3.1	Valg af styringsform	16
3.1.1	Virkemåde	16
3.1.2	Systemkrav	16
3.1.3	Mulighed for implementering	17
3.2	Muligheder for samordning	17
3.2.1	Dobbeltrettede bølger	17
3.2.2	Tilpasning til trafikmængderne	18
3.3	Forslag til samordning	19
3.3.1	Beskrivelse af forslag til Vej-Tid diagrammer	19
3.4	Forslag til trafikstyring	20
3.4.1	Forlængelse/afkortning af grøntid	20
3.4.2	Trafikstyret ændring af off-set tid	21
3.5	Afprøvning af nye detekteringsformer.	22

3.5.1	Kamerateknik	22
3.5.1.1	Genkendelseskamera	23
3.5.1.2	3D kamera	23
3.5.2	LEDguides	25
3.5.3	Bluetooth	25
3.6	Information og trafikledelse til cyklister	26
3.6.1	LED grøn bølge	26
3.6.2	Nedtællingssignaler	27
3.6.3	Rejsetidsinfo	28
3.7	Metode til implementering	28
3.7.1	Forberedende arbejder	28
3.7.2	Implementering af grøn bølge i fast tidsstyret samordning.	28
3.7.3	Implementering af øvrige løsninger	28
4.	Opsamling på forslag til implementering af Grøn Bølge 2.029	29
5.	Oplæg til evaluering	29
5.1	Omfang af evaluering	29
5.2	Metode	29
5.2.1	Grøn bølge	29
5.2.2	Forlængelse/afkortning	30
5.2.3	Trafikstyret off-set	30
5.2.4	Kamera og LEDguides (tællefunktion)	30
5.2.5	Bluetooth	30
5.2.6	LEDguides visuel funktion, nedtællingssignaler, rejsetidsinfo	30
6.	Kommunikation	30
7.	Økonomi	31
7.1	Forudsætninger til økonomiske delposter	31
8.	Bilag	33

1. INDLEDNING

Københavns Kommune har en klar målsætning om fortsat at øge antallet af cyklede kilometer i byen. Dette ønske hænger sammen med kommunens overordnede politiske målsætninger på trafik-, klima- og sundhedsområdet.

Et vigtigt element i at lokke flere mennesker over på cyklen, er muligheden for at tilbyde cyklister en høj fremkommelighed i den tætte by, hvor hastigheden for alle konkurrerende transportmidler er stærkt nedsat. De to vigtigste virkemidler til at opnå højere hastighed i den tætte by, er at kigge på signalernes samordning og anlægge brede cykelstier.

Dette projekt ser på forslag der kan videreudvikle grønbølgekonceptet der blev etableret i København i 00'erne. Deraf navnet Grøn Bølge 2.0. Konceptet skal konkret implementeres på strækningen mellem Strandvejen/Ryvangs Allé og Kgs. Nytorv, som er udpeget som pilotstrækning for projektet. Projektet skal efterfølgende konkretiseres samt udføres og anlægges i 2012/13.

1.1 Grøn cykelbølge 1.0

At tilpasse samordningen til cyklen frem for bilen, var grundtanken med de første grønne cykelbølger, version 1.0. Konceptet består i dag af en fast samordning mellem signalanlæggene på strækningen svarende til jævn cykelhastighed på 20 km/t. Samordningen er typisk lavet, så den tilgodeser pendlerstrømmen mod Indre By om morgenen og formiddagen fra kl. 06-12, og fra Indre By om eftermiddagen fra kl. 12-18. Strækningerne er markeret med et specialdesignet logo, der afmærkes på cykelstien og skiltes i begyndelsen af strækningen, se Figur 1.



Figur 1. Afmærkning på kørebanen samt infomateriale fra lanceringen af den første grønne cykelbølge på Nørrebrogade i 2006.

Grøn cykelbølge 1.0 blev lanceret for første gang i oktober 2006 på Nørrebrogade mellem Ydre Nørrebro og Søerne. Senere er fulgt Østerbrogade mellem Trianglen og Kgs. Nytorv samt Amagerbrogade.

De gennemførte evalueringer af grøn bølge projektet på Nørrebrogade, har vist et mere jævnt flow i de prioriterede retninger med færre stop og større rejsehastighed.

1.2 Formål og krav til projektet.

Der er opstillet to overordnede formål for projektet:

- Fremkommelighed for cyklister skal øges.
- Cyklisterne skal føle at de bliver prioritet (herunder info til cyklister)

For fremkommeligheden gælder især ønsket om at reducere antallet af stop på strækningen for cyklerne.

Projektet skal derudover kunne leve op til en række trafiktekniske krav der er opstillet:

- Bussernes regularitet og fremkommelighed bevares.
- Forbedre informationen til cyklister.
- Afprøve nye tiltag indenfor detektering og info.
- Parametre til justering af grøn bølge (vind, vejr mm)
- Håndtering af grænsefladeprojekter
- Oplæg til evaluering

Bussernes regularitet lægges der stor vægt på i projektet, da det er meget omkostningstungt for kommunen, at busserne taber tid.

Projektet skal munde ud i en anbefaling af, hvordan Grøn Bølge 2.0 kan implementeres. Herunder anbefalinger til anvendelse af trafikstyring (lokal trafikstyring vs. adaptiv styring som ImFlow)

1.3 Metodevalg

Der er observeret fejl i samordningen på strækningen i forbindelse med den trafikale analyse. Det er observeret, at off-set tiderne mellem de enkelte signalanlæg ikke følger den modtaget dokumentation for off-set tiderne. Fejlen skyldes at signalanlæggene ikke har forbindelse til serveren på politigården – formentlig grundet kabelfejl. Dette medfører bl.a. at den allerede etablerede cykelgrøn bølge mellem Trianglen og Kgs. Nytorv ikke fungerer efter hensigten. Det medfører også at trafikken ikke følger et bestemt mønster i de enkelte signalprogrammer. Dermed er bussernes kørselsmønster også tilfældigt.

I forhold til sammenligning mellem dagens situation og den fremtidige situation giver dette nogle udfordringer. De observationer man kan gennemføre i marken i dag, giver ikke det korrekte billede af hvordan trafikken bør køre, da samordningen ikke fungerer efter hensigten. En evaluering af dagens situation set i forhold til den fremtidige situation vil således ikke give et retvisende billede af de reelle forbedringer, da grundlaget (dagens situation) er fejlbehæftet. En evaluering vil (formentlig) vise en stor forbedring, hvilket ikke er troværdigt.

Det er derfor fravalgt at bygge den trafikale analyse på observationer i marken. I stedet er der anvendt VT-diagrammer for strækningen, med illustration af samordningen som den burde fungere hvis der ikke havde været kabelfejl. Dette medfører naturligvis at vurderingen af dagens situation bliver meget teoretisk, men det er vurderet, at det er bedre end at anvende observationer for en fejlbehæftet situation i marken.

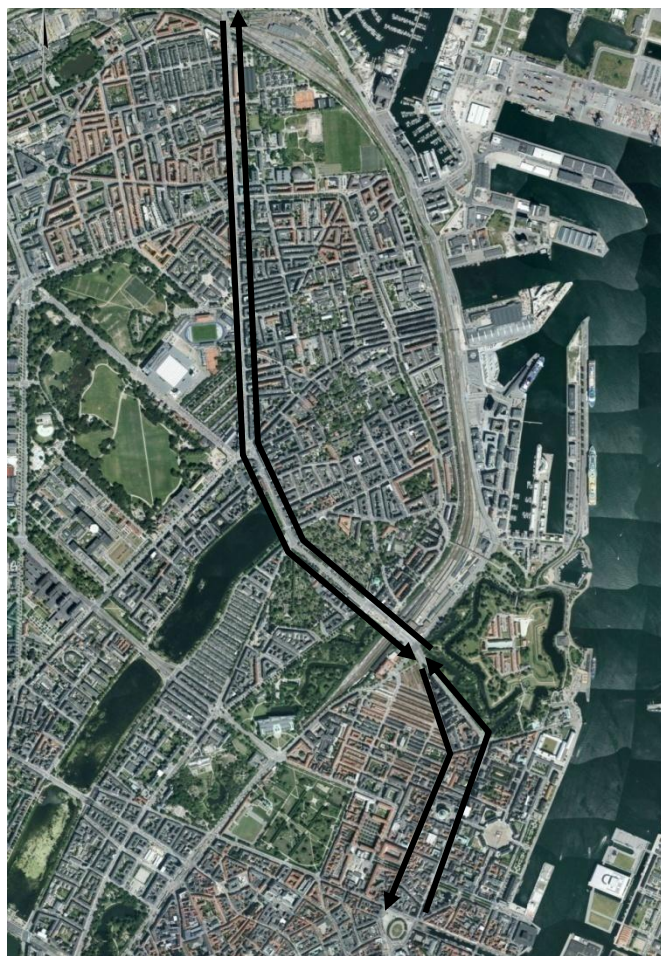
2. TRAFIKTEKNISK ANALYSE

Den trafiktekniske analyse beskriver hele den nuværende situation i forhold til strækningens udformning og trafikale forudsætninger. Den trafikale analyse danner hele argumentationsgrundlaget for at kunne foreslå ændringer der er fagligt begrundede.

2.1 Beskrivelse af strækningen

2.1.1 Afgrænsning af strækningen

Den grønne cykelbølge 2.0 er geografisk afgrænset fra krydset Strandvejen/Strandvænget/Ryvangs Allé i nord til krydsene St. Kongensgade/Gothersgade og Bredgade/Gothersgade ved Kongens Nytorv i syd. Strækningen er i alt ca. 4,3 km lang. Se Figur 2.



Figur 2. Geografisk afgrænsning af strækningen for implementering af Grøn Bølge 2.0

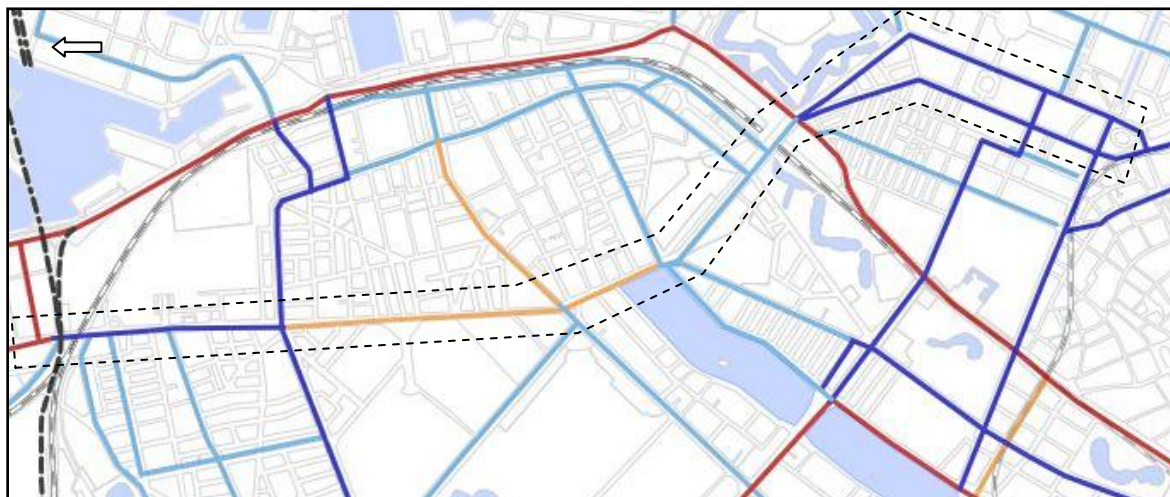
Selve strækningen omfatter fra nord vejene Svanemøllebroen-Østerbrogade-Dag Hammerschjolds Allé-Oslo Plads. Syd for Folke Bernadottes Allé deler strækningen sig i to. St. Kongensgade er ensrettet i sydgående retning og Bredgade-Grønningen i nordgående retning (dog dobbeltrettet mellem Folke Bernadottes Allé og Esplanaden).

2.1.2 Trafikal funktion og planforhold

Den udvalgte strækning udgør den indre del af en indfaldsvej til Københavns centrum fra nord, hvor der kører både biler, busser og cykler i store mængder. Sammen med Helsingørmotorvejens indføring betjenes trafikken fra nord til og fra Københavns Middelalderby. For strækningen langs Østerbrogade er det i vidt omfang områderne langs Strandvejen og Ryvangs Allé der vil vælge denne indfaldsvej.

I forslag til kommuneplan 2011 er strækningen vejklassificeret på følgende måde:

- Strandvænget – Jagtvej: Fordelingsgade
- Jagtvej – Classensgade: Strøggade
- Classensgade – Øster Voldgade: Bydelsgade
- Øster Voldgade – Kgs. Nytorv: Fordelingsgade (del af O2)



Figur 3. Vejklassificering af strækningen iht. forslag til kommuneplanen for 2011.

Der er dermed både delstrækninger udlagt som fordelingsgade, bydelsgade og strøggade. Den overordnede idé med vejklassificeringen i kommunen er, at fordelingsgaden betjener trafikken mellem bydelene mens bydelsgaden betjener trafik indenfor bydelen. Strøggaden betjener ligeledes trafik indenfor bydelen, men med stort fokus på bløde trafikanters mulighed for krydsning og ophold. Biltrafikens hastighed skal dæmpes og bustrafikken opprioriteres langs strøggaden.

Den udlagte vejklassificering indikerer dermed ikke noget ønske om at tilgodese den gennemkørende biltrafik på hele strækningen. Heri ligger at gennemkørende biltrafik bedre afvikles på ring 2 (O2) der udgår fra krydset Svanemøllebroen/Ryvangs Allé i nord til krydset Oslo Plads/Folke Bernadottes Allé i syd og forløber parallelt via Strandvænget-Kalkbrænderihavnsgade-Folke Bernadottes Allé med cykelsti i begge sider. Også for gennemkørende cykler er der især ved kørsel i sydgående retning høj fremkommelighed, da der cykles ind mod baneterrænet, og dermed undgås stop i flere T-kryds.

Biltrafikken skal dog kunne håndteres på hele strækningen, da visse delstrækninger udnyttes til at fordele trafikken mellem områderne på Østerbro og Indre By. Se afsnit 2.2.3.

2.1.3 Grønne cykelruter

Strækningen indgår ikke i nettet af grønne cykelruter men krydses af Søruten i det signalregulerede kryds ved Ryesgade/Rosenvængets Allé. Ruten er ikke færdigetableret nord for Østerbrogade.

Svanemølleruten planlægges etableret indenfor det kommende års tid. Ruten krydser Østerbrogade ved Sporsløjfen/Kildevældsgade, hvorfor Kildevældsgade i fremtiden kommer til at indgå i signalreguleringen som regulært F-kryds.

2.1.4 Kryds

Kun de signalregulerede kryds behandles i dette afsnit. Alle vigepligtige sideveje og overkørsler er udeladt, da de i hovedreglen ikke har så stor indflydelse på trafikflowet på strækningen. Dog vil både venstresvingende og højresvingende trafik til og fra ikke signalregulerede sideveje også kunne påvirke og forsinke både biler, cykler og busser.

Der ligger i alt 20 signalregulerede kryds på strækningen. Krydsene har varierende sidevejstrafik og trafikale betydning. I Tabel 1 er angivet de fysiske afstande krydsene imellem, samt sidevejenes klassificering i henhold til kommuneplanen.

Kryds afstand	Sidevej	Krydsbredde	Sidevej	Krydsafstand
145	Ryvangs Allé	48	*Strandvænget	145
190	**Kildevældsgade	30	Ved Sporsløjfen	190
380	Nygårdsvej	43	Carl Niensens Allé	380
475	Jagtvej	46	Strandboulevarden	475
510	Gunner Nu Hansens Plads	38	Nøjsomhedsvej	510
27	Trianglen-Blegdamsvej	33	Nordre Frihavnsgade	27
43	Trianglen	23		43
242	Ryesgade	35	Rosenvængets Allé	242
386	Øster Søgade og Øster Farimagsgade	91	Classensgade	386
162	Stockholmegade	40	Kristianiagade	162
63	Fodgængerfelt	10	Fodgængerfelt	63
480	Øster Voldgade	45	Folke Bernadottes Allé	515
466	Esplanaden		Esplanaden	360
			Frederiksgade	197
267	Dronningens Tværgade		Dronningens Tværgade	100
			Sankt Annæ Plads	170
	Gothersgade		Gothersgade	
XXX	Regionalvej			
XXX	Fordelingsgade			
XXX	Strøggade			
XXX	Bydelsgade			
XXX	Lokalgade			

Tabel 1. Angivelse af signalregulerede kryds på strækningen med krydsafstand og krydsbredde. Sideveje er markeret i forhold til vejklassificeringen i kommuneplanen.

*Strandvænget er i øjeblikket lukket, men åbnes igen for trafik når Nordhavnsvej er anlagt.

**Kildevældsgade forventes at indgå i en signalregulering som følge af etableringen af Svanemølleruten.

På strækningen er der en række helt centrale kryds, hvor større mængder trafik kører til og fra strækningen.

Ryvangs Allé/Strandvænget:

Krydset er i øjeblikket under ombygning pga. anlæg af Nordhavnsvej. Strandvænget har tidligere været udlagt som regional trafikvej som følge af omlægningen af tung trafik, og må efter etablering af Nordhavnsvej fortsat kunne forventes at være klassificeret som en højklasset vej, dvs. minimum fordelingsvej. Meget trafik fra Østerbro og Strandvejen vil køre ad Strandvænget for at komme til og fra byen via Nordhavnsvej, og især højresving fra Svanemøllebroen mod Strandvænget vil stige som følge af Nordhavnsvej.

Jagtvej/Strandboulevarden:

Jagtvej er en meget væsentlig trafikåre rundt om centrum og fordeler trafikken mellem Østerbro og Nørrebro. Desuden benyttes Strandboulevarden i høj grad som adgangsvej til Nordhavnen.

Nordre Frihavnsgade/Trianglen:

Trianglen er et knudepunkt for alle trafikarter. To A-bus linier krydser hinanden. Biltrafikken skal fordeles fra Østerbrogade og mod Øster Allé og Blegdamsvej, hvorfor der er stort pres på dette venstresving.

Øster Søgade og Øster Farimagsgade/Classensgade:

Krydset ved Øster Søgade og Øster Farimagsgade er sammen med Trianglen det mest komplekse kryds. Der udveksles store mængder trafik i krydset

Øster Voldgade/Folke Bernadottes Allé:

Ved Østerport Station krydses Oslo Plads-Grønningen af Øster Voldgade-Folke Bernadottes Allé, som er en regional og udlagt som rød rute for tung trafik i Københavns Kommunes strategi. Øster Voldgade er påvirket af

Dronningens Tværgade:

Udgår fra Bredgade og krydser St. Kongensgade. Vigtig fordelingsgade fra Indre By og mod brokvarterene via Borgergade og Sølvgade.

2.1.5 Vognbanefordeling

I Tabel 2 er vist sporfordelingen på strækningen. Fra Ryvangs Allé til Jagtvej er der 4 regulære kørespor. Syd for Jagtvej inddrages et kørespor til busbane i sydgående retning. Strækningen mellem Gunner Nu Hansens Plads og Trianglen er det smalleste stykke med kun 2 spor. Fra Trianglen til Stockholmsgade udvides profilet igen til 4 kørespor. De ensrettede strækninger St. Kongensgade og Bredgade er forholdsvis brede, men der afvikles kun trafik svarende til 1 spor mellem krydsene.

Fra – Til	Sporfordeling
Ryvangs Allé til Jagtvej	4 spor
Jagtvej til Gunner Nu Hansens Plads	2 spor + busbane sydgående
Gunner Nu Hansens Plads til Trianglen	2 spor
Trianglen-Li. Triangel	4 spor
Li. Triangel-Stockholmsgade	4 spor + busbane sydgående
Stockholmsgade-Øster Voldgade	1 spor + busbane sydgående 2 spor nordgående
St. Kongensgade fra Øster Voldgade til Esplanaden	1 spor + busbane
St. Kongensgade fra Esplanaden til Gothersgade	1 spor
Bredgade fra Gothersgade til Esplanaden	1 spor
Grønningen fra Esplanaden til Folke Bernadottes Allé	2 spor nordgående 1 spor sydgående

Tabel 2. Sporfordelingen på strækningen.

2.1.6 Cykelstier og cykelbaner

Der er etableret cykelsti i begge sider på hele strækningen med følgende undtagelser:

- St. Kongensgade fra Oslo Plads til Esplanaden: Cykelbane afmærket i bred busbane.
- St. Kongensgade fra Esplanaden til Kgs. Nytorv: Cykelbane. Strækningen er planlagt opgraderet til cykelsti indenfor det kommende år.

2.1.7 Busstoppesteder og perroner

Der er foretaget en opgørelse over stoppestedspaceringen på strækningen og forekomsten af busperroner. Opgørelsen er vist i Tabel 3, hvor det er angivet om der forekommer stop umiddelbart efter eller før krydset. Desuden er angivet om der i programmet forekommer busforlængelse eller busanmeldelse. Busforlængelsen har en god effekt i de kryds, hvor busstoppestedet ligger efter krydset, mens busanmeldelsen er vigtig i de kryds, hvor busstoppestedet er placeret umiddelbart foran krydset.

Derudover er angivet busstoppesteder som er placeret mindre end 200 meter for stoplinien.

Kryds	Nordgående	Sydgående	Busprioritering
Kildevældsgade/Sporsløjfen	Efter	Før (-30 m)	Forlængelse/Anmeldelse
Nygårdsvej/Carl Nielsens Gade	Efter*	Efter*	Forlængelse
Jagtvej/Strandboulevarden	Efter*	Efter	Forlængelse
Gunnar Nu Hansens Plads/Nøjsomhedsvej	Før (-170 m)	Før (-160 m)	Forlængelse/Anmeldelse
Trianglen/Nordre Frihavnsgade	Før		Anmeldelse
Trianglen Syd		Før	
Li. Triangel	Før	Efter	Anmeldelse
Stockholmsgade/Kristianiagade	Før (110 m)	Efter	
Øster Voldgade/Folke Bernadottes Allé		Før (85 m)	
Esplanaden (St. Kongensgade og Bredgade)	Efter*	Før	Forlængelse/Anmeldelse
Bredgade/Fredriksgade	Før (140)/Efter*		
Dr. Tværgade (St. Kongensgade og Bredgade)	Efter*	Efter*	Forlængelse ved St. Kongensgade

Tabel 3. Placering af stoppesteder i forhold til kryds.

***stoppested uden busperron (for St. Kongensgade forekommer ikke cykelsti)**

2.1.8 Fritliggende fodgængerfelter

Der forekommer tre fritliggende fodgængerfelter på strækningen der giver mulighed for utilsigtede stop for hhv. cykler, busser og biler.

- Østerbrogade mellem Nøjsomhedsvej og Nordre Frihavnsgade ud for Gustav Adolfs Gade. Der ligger busstoppested efter krydsningen på begge sider.
- Fodgængerfelt på tværs af både St. Kongensgade og Grønningen 120 meter syd for Øster Voldgade.
- Fodgængerfelt på tværs af St. Kongensgade ud for Fredericiagade. Kun i sydgående retning.

2.2 Dagens trafikmængder og trafikforhold

Der er på baggrund af kommunens tællinger i en række snit på strækningen, opstillet et trafikbillede for dagens situation. Der er analyseret på i alt 8 snittællinger. Heraf 4 enkeltrettede strækninger syd for Oslo Plads. Tællinger er vist på Tabel 1 og Figur 4.

2.2.1 Cykeltrafik

Cykeltrafikken har langt den største variation på strækningen og varierer meget mere end biltrafikken. På Østerbrogade og Svanemøllebroen ligger HVDT på 7-9.000 mens det altdominerende cykelflow sker mellem Trianglen og Li. Triangel, hver der registreres ca. 25.000 cyklister på et hverdagsdøgn. Allerede på Dag Hammerkjølds Allé er trafikmængden halveret. Nord for Kgs. Nytorv er der samlet for Bredgade og St. Kongensgade en HVDT på ca. 15.000 cykler. Mange cyklister cyklister laver venstresving fra Bredgade mod Dronningens Tværgade, hvilket medvirker til at cyklistantallet er lavere i tællingerne på Grønningen og St. Kongensgade ud for Jens Koføds Gade.

Cykeltrafikens retningsfordeling har ligeledes stor variation. Se Figur 4. På Svanemøllebroen ses en primær cykelstrøm som går ud af byen om morgenen og mod byen om eftermiddagen. Syd for Østerbrogade er der en primær strøm mod København om morgenen, mens eftermiddags-spidstimetrafikken er lige stor i begge retninger, men falder en time forskudt. Fra Trianglen til Esplanaden ses en udpræget pendlerstrøm mod København om morgenen og fra København om eftermiddagen. Timefordelingen er meget ens på de tre målte snit, men trafikintensiteten aftager

i spidstimen fra snittet ved Classensgade over Dag Hammerskjölds Allé til Grønningen/St. Kongensgade. Spidstimetrafikken på Østerbrogade nord for Sortedams Sø ligger på 2.200 cykler i retning mod København og er det højeste der er målt. I det sydlige snit umiddelbart nord for Kgs. Nytorv er der en næsten ens timefordeling for hver retning henover dagen, men med en lille overvægt af cyklister mod byen om morgenen og fra byen om eftermiddagen.

2.2.2 Biltrafik

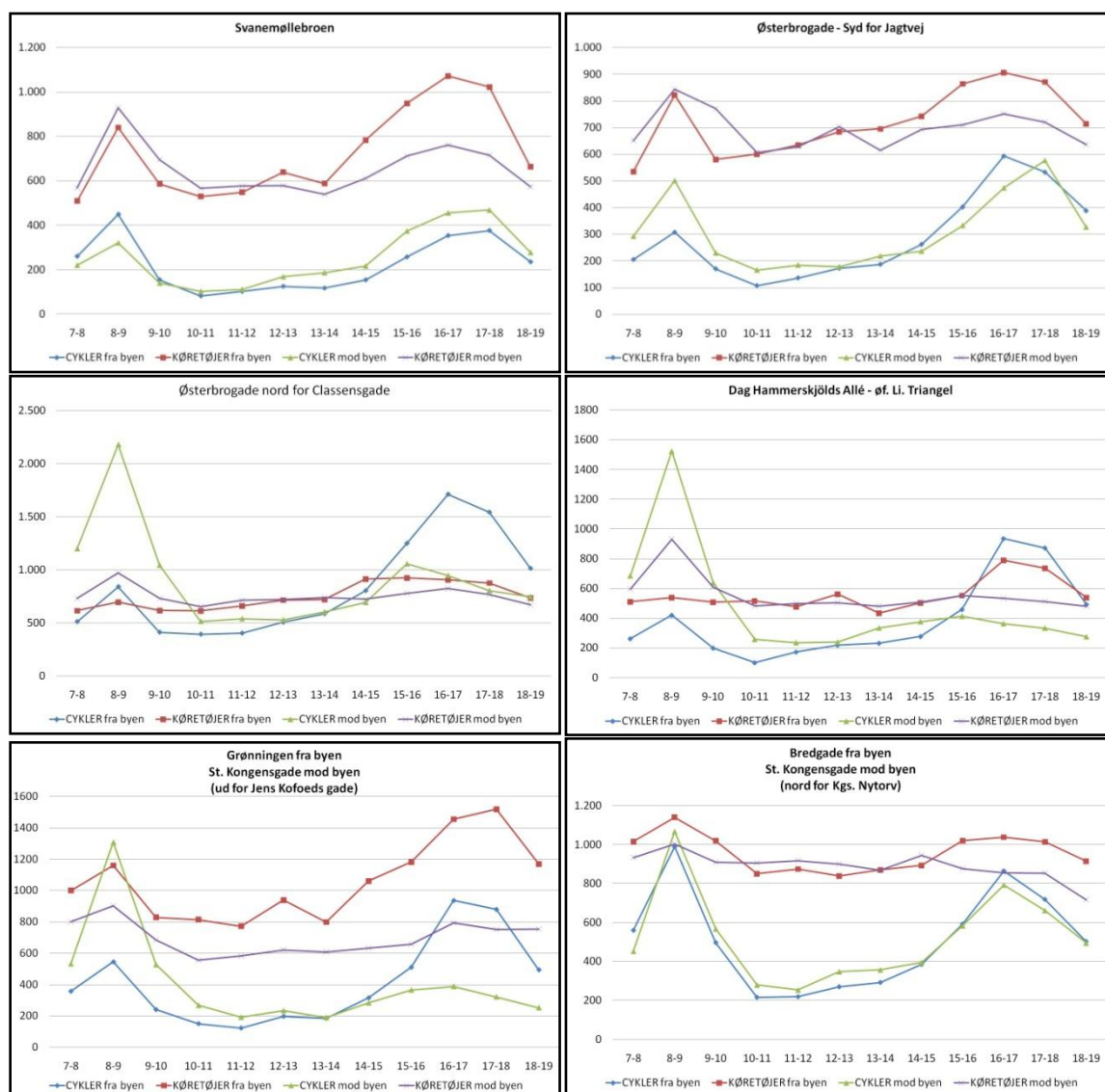
Biltrafikken er samlet set størst på strækningen umiddelbart nord for Kgs. Nytorv, hvis der ses på trafikmængden på St. Kongensgade og Bredgade samlet. Her ligger den samlede hverdagsdøgntrafik (HVDT) på ca. 29.000 køretøjer. Nord for Classensgade og nordpå ad Østerbrogade ligger trafikmængden stabilt på 22-24.000 køretøjer i HVDT, hvilket er højt for en to-sporet strækning.

Timefordelingen viser i alle målte snit en overvægt af biler mod byen om morgenen og fra byen om eftermiddagen. Der er en udpræget eftermiddagsmyldretid ud af byen ved Svanemøllebroen, syd for Jagtvej og ved Grønningen. På de mest trafikbelastede strækninger som nord for Classensgade og Bredgade/St. Kongensgade, ses kun meget ligge udsving i spidstimen, da kapaciteten næsten udnyttes fuldt ud imellem myldretidene.

Nr	Trafiksnit	Køretøjer HVDT	Cykler HVDT	% andel cykler	Talt år
1	Svanemøllebroen	21.700	6.800	26%	2011
2	Østerbrogade sf. Jagtvej	22.200	8.600	30%	2011
3	Østerbrogade nf. Classensgade	23.600	25.000	54%	2011
4	Dag Hammerskjölds Allé øf. Li. Triangel	17.500	12.400	44%	2009
5.1	St. Kongensgade v. Jens Kofoeds Gade	*10.900	*5.900	38%	2009
5.2	Grønningen v. Jens Kofoeds Gade	22.200	*6.500	25%	2009
6.1	St. Kongensgade nf. Kgs. Nytorv	*14.000	*7.600	38%	2011
6.2	Bredgade nf. Kgs. Nytorv	*15.100	*7.300	35%	2011

Tabel 4. Årsdøgntrafik og Hverdagsdøgntrafik i talte snit for hhv. køretøjer og cykler. Cykeltrafik er opregnet med 20% til HVDT ift. kommunens tællinger fra kl. 07-19.

***Enkeltrettet trafik.**



Figur 4. Timetraфик i talte snit for køretøjer og cykler/knallerter i retning mod byen og fra byen.

2.2.3 Primære trafikale forbindelser

Der foretages ikke i dette projekt en modelberegning, f.eks. i form af rutene i et eller flere snit på strækningen. Dette kunne have belyst, hvorfra den trafik der kører på strækningen kommer fra og kører til. Der er i det følgende foretaget en kortfattet beskrivelse af primære ruteforbindelser, skønnet på baggrund af trafiktallene og en vejnetbetragtning.

Opsætning af bluetooth modtagere på strækningen vil kunne i høj grad kunne være med til at kvalificere andelen af gennemkørende cykeltrafik på strækningen.

Gennemkørsel af hele strækningen:

Forbinder Gentofte/Hellerup til Indre By. En forholdsmeæssig stor andel af trafikken på strækningen vil være gennemkørende. Det er trafikanter der har mål i Indre By, eller skal videre gennem byen mod f.eks. Amagerbro. Cykeltrafikken har her ikke nogen alternative ruter, hvilket ses på den høje spidstimetrafik, mens biltrafikken kan køre øst om centrum til H.C. Andersens Boulevard og Langebro.

Grønningen-Dag Hammerskjølds Allé-Østerbrogade-Triangeln-Øster Allé:

En andel af trafikanterne kører på strækningen for at komme videre ad Øster Allé og Lyngbyvejen som et alternativ til Søgaden og Tagensvej-Nørre Allé.

Øster Farimagsgade/Øster Søgade-Østerbrogade-Svanemøllebroen:

I krydset ved Li. Triangel er der stor udveksling af især cykler men også en del biltrafik. Søerne i København skaber en naturlig barriere, hvorfor Østerbrogade umiddelbart nord for Sortedams Søen skal betjene al den trafik der ikke krydser gennem søerne ved Tagensvej.

Bredgade-Grønningen-Folke Bernadottes Allé:

En god andel af den trafik der kører på Bredgade og St. Kongensgade har start og mål langs havnearealerne eller er rent gennemkørende trafik mod Hellerup. Trafikken herfra er med til at forklare de høje trafikmængder der bliver målt nord for Kgs. Nytorv.

2.2.4 Rutebusser

Der kører et højt antal busser på hele strækningen. Rute 1A kører hele vejen fra Kgs. Nytorv til Strandvejen med ca. 10 afgang i timen i dagtimerne. Derudover kører rute 14 på strækningen fra Li. Triangel og nordpå, mens rute 15 kører fra Kgs. Nytorv til Trianglen. Dette betyder at antal afgang pr. retning i dagtimerne ligger konstant på mellem 16 og 22 busser pr. time. Dvs. maksimalt 44 busser pr. time. Jævnt fordelt over en time betyder dette ca. ankomst af en bus pr. signalomløb om morgenen og eftermiddagen, hvilket betyder hyppig påvirkning af busprioritering på strækningen.

Der er en række vigtige busruter der krydser eller svinger ind på strækningen. Det gælder primært A-busserne, hvor 3A krydser ved Nordre Frihavsgade samt 4A, som krydser ved Sporsløjfen-Kildevældsgade. Derudover er der en væsentlig krydsning for rute 18 ved Jagtvej-Strandboulevarden samt ved Øster Farimagsgade, hvor rute 40 krydser og rute 14 svinger ind på strækningen.

Prioritering, f.eks. i form af grøntidsforlængelse eller afkortning af sideretningen, i disse kryds, kan dermed gøre forholdene ringere for den krydsende bustrafik fra sideretningen.

Bus fra sideretning (Antal afgang pr. time)	Sidevej	Busruter på strækningen (Antal afgang pr. time pr. retning)	Sidevej	Bus fra sideretning (Antal afgang pr. time)
	Ryvangs Allé	1A, 14, 85N (16/t)	Strandvænget	
	Kildevældsgade		Ved Sporsløjfen	4A (10/t)
	Nygårdsvej		Carl Nielsens Allé	
18, 83N (10/t)	Jagtvej	1A, 14, 85N (16/t)	Strandboulevarden	18, 83N (10/t)
	Gunner Nu Hansens Plads		Nøjsomhedsvej	
3A, 80N (10/t)	Trianglen-Blegdamsvej	1A, 14, 15, 85N, 95N (22/t)	Nordre Frihavsgade	3A, 80N (10/t)
15, 95N (6/t)	Trianglen			
	Ryesgade		Rosenvængets Allé	
14, 40, 95N (12/t)	Øster Søgade og Øster Farimagsgade	1A, 15, 85N (16/t)	Classensgade	40 (6/t)
	Stockholmsgade		Kristianiagade	83N
	Fodgængerfelt		Fodgængerfelt	
26 (6/t)	Øster Voldgade	1A, 15, 20E, 83N, 85N (16/t)	Folke Bernadottes Allé	26, 20E (6/t)
	Esplanaden		Esplanaden	
			Frederiksgade	
26 (6/t)	Dronningens Tværgade	1A, 15, 26, 20E, 83N, 85N (22/t)	Dronningens Tværgade	
			Sankt Annæ Plads	
	Gothersgade		Gothersgade	

Tabel 5. Rutebusser der kører på strækningen med angivelse af frekvens på de enkelte delstrækninger. Ligeledes visning af rutebusser som krydser eller svinger ind fra sidevejene.

2.3 Grænsefladeprojekter

Der forekommer en række igangværende og fremtidige anlægsprojekter som vil påvirke trafikafviklingen på strækningen. Dette er særligt vigtigt i forhold til håndtering af før- og eftermålinger af fremkommeligheden på strækningen.

2.3.1 Nordhavnsvej

Igangværende anlægsarbejde der afsluttes i 2015.

Anlægges fra Helsingørmotorvejen ved Ryparken Station og til Kalkbrænderihavnsvej. Krydser under Østerbrogade i krydset ved Strandvejen/Ryvangs Allé.

Påvirker i anlægsfasen trafikafviklingen på Svanemøllebroen og i krydset Strandvejen/Ryvangs Allé, hvor profilet er indsnævret til to spor med bussignal i begge ender. Ryvangs Allé og Strændvænget er i anlægsperioden spærret for al motoriseret trafik.

Krydset genetableres med den eksisterende geometri og det overordnede eksisterende signalprogram, dog med kun 1 højresvingsbane fra Ryvangs Allé.

Med Nordhavnsvejs etablering vil biltrafikken på Østerbrogade stige marginalt.

2.3.2 Metrobyggeri på Oslo Plads/St. Kongensgade og Trianglen.

Igangværende anlægsarbejde der afsluttes i 2018.

For metrostationen der anlægges ved Østerport Station overgår arbejdet på overfladen til fase 4, som vil vare ved frem til 2017-2018 med arbejdsområde på nordsiden af Oslo Plads vest for Østbanegade. Kørebanelprofilen er indsnævret fra to til en kørebane mod byen i anlægsperioden. Antallet og placering af signalanlæg i fase 4 er uændret fra den permanente situation.

Anlægsarbejdet har indtil videre medført periodevis kødannelse i begge retninger fra Oslo Plads og enkelte utilsigtede sammenbrud.

2.3.3 Stationsbyggeri på Nørreport Station

Igangværende anlægsarbejder der afsluttes i 2015. Med anlægsarbejdet er biltrafikken spærret i Nørre Voldgade, men åben for bustrafik. Der forventes i anlægsperioden overflyttet trafik til Søgaden og Farimagsgade.

Efter anlægsperioden indsnævres Nørre Voldgade til to spor for biltrafikken og vil dermed permanent reducere trafikken igennem på denne gade.

2.3.4 Sikkerhedsprojekt

På strækningen mellem Ryvangs Allé og Jagtvej er der på en 5 årig periode sket 12 personska- deulykker og 26 materielskadeulykker. Der planlægges derfor et sikkerheds projekt på strækningen for at reducere antallet af uheld. Det nuværende løsningsforslag omfatter en reduktion af køresporene fra 4 til 2 spor, optegning af parkering på strækningen samt andre tiltag der gør det mere sikkert at krydse vejen for lette trafikanter. Projektet vil blive udført i 2014.

2.3.5 Busprio-projekt

Det undersøges pt om der kan skaffes EU-støtte til et busprioriteringsprojekt i 20 signalanlæg i samarbejde med ERTICO. En del af de 20 kryds omfatter signalanlæg mellem Kgs. Nytorv og Trianglen – altså en stor del af Grøn Bølge strækningen. Busprioriteringen skal ske med det adaptive system ImFlow.

I dette projekt er der ikke lagt op til adaptiv styring (se afsnit 3.1). Der er lagt op til grøn bølge i den faste samordning med lokal trafikstyring. Hvis ovenstående projekt igangsættes, er der derfor en ny situation som skal håndteres. Hvis anlæggene i busprojektet skal styres 100 % adaptivt, vil det give nogle udfordringer i forhold til at visualisere den grønne cykelbølge og måske endda nogle udfordringer i forhold til at bevare en grøn cykelbølge på den strækning Det anbefa-

les at status for busprojektet følges nøje, og kommer beslutningen om at igangsætte projektet, skal Grøn Bølge 2.0 projektet revideres.

2.3.6 St. Kongensgade - cykelsti

Der etableres i efteråret 2012 cykelsti på St. Kongensgade. Etableringen af cykelstien vil forbedre fremkommeligheden for cyklister på strækningen fra Esplanaden til Kgs. Nytorv. Cykelstien bliver 3 m bred.

2.4 Signalanlæg

I det følgende er signalanlæggene beskrevet på baggrund af foreliggende signaldokumentation. Beskrivelsen fokuserer på anlæggenes funktion i det enkelte kryds, samt den samordning der findes på strækningen i dag. Der foreligger signaldokumentation for i alt 20 kryds.

En samlet oversigt over de væsentligste parametre for alle signalanlæggene på strækningen er vist i Tabel 6. og uddybet nedenfor.

2.4.1 Programmer og driftsform

Alle kryds på strækningen afvikles med Københavns Kommunes 4 standardprogrammer for signalanlæg i byen således.

- Program 1: 80" morgenprogram
- Program 2: 80" eftermiddagsprogram
- Program 3: 70" mellemtrafik program
- Program 4: 60" lavtrafik program

Alle kryds kører med fast omløbstid og betegnes derfor i kommunens terminologi som tidsstyrede anlæg, selvom der i en del anlæg er indført trafikstyrede funktioner, hvor den faste omløbstid opretholdes.

I Tabel 6 er vist grøntiderne for hhv. hovedsignalerne i A-retningen langs grønbløgestrækningen og B-retningerne fra sidegaderne i program 1 med en omløbstid på 80". Grøntiden ligger overordnet set på 40-50 sekunder i A-retningen gennem de kryds der har 1 gennemfartsspor.

2.4.2 Signaludstyr

På strækningen er der opstillet to typer af styreapparater, hhv. ELC controlleren og EC-1 controlleren. Typen af styreapparat har betydning for de muligheder kommunen har for at indføre yderligere trafikstyring. For at kunne implementere PEEK's adaptive produkt ImFlow, kræves at styreapparatet er enten en EC-1 eller den nyere EC-2.

Der er opsat cykelsignaler i flere kryds på strækningen. Signalerne er opsat enten pga. at der skal afvikles bundet højresving eller som følge af, at der er opsat bussignaler. Signalgrupperne for cyklerne er blevet tilføjet samordningsplanerne.

2.4.3 Trafikstyring

Trafikstyringen på strækningen er hovedsageligt etableret i 2006, hvor der blev indført busprioritering i en række kryds. Bussen kan primært forlænge egen grøntid eller indkoble bussignalet ved anmeldelse. I enkelte anlæg som Østerbrogade/Jagtvej kan en busanmeldelse fra både A- og B-retningen forlænge egen grøntid og afkorte sideretningens grøntid.

I krydset Strandvænget/Ryvangs Allé kan grøntiden fordele sig mellem faserne indenfor en fast omløbstid.

Ved Nøjsomhedsvej er der lavet en doseringsfunktion der afkorter grøntiden for biler, således der ikke opstår kø på strækningen frem mod Trianglen, da der ikke er busbane. Det fremgår ikke, hvad der aktiverer doseringsfunktionen. Funktionen påvirker ikke cyklisterne, da der er opsat cykelsignal.

Detekteringen foretages i alle anlæg med konventionelle induktive spoler.

Kryds	Anlæg nr.	Driftsform	Programmer (P1-P4)	Offset Tider (P1-P4)	Grøntid A/B retning	Styreapparat	Busprioritering	Bus-signaler	Cykel-signaler	Trafikstyringsfunktioner	Øvrige bemærkninger
Strandvænget/Ryvangs Allé	12.12	Tidsstyret	80 80 70 60	30 10 0 0	23/23	EC-1	-	-	x	Forlængelse af både hoved og sideretning. 0-4 sek.	Midlertidigt under ombygning pga. NHV.
Østerbrogade - Svanemøll Sløjfen	12.05	Tidsstyret med skjult syn for B	80 80 70 60	15 25 60 20	49/17	ELC-2/3	X	Fra nord	-	Busforlæng af A og afkort. af B. 0-8 sek. Indkobling af bussignal. Spoler i A-retning.	-
Østerbrogade/Nygårdsvej	12.04	Tidsstyret	80 80 70 60	0 0 0 0	49/15	EC-1	X	-	-	Busforlæng af A og afkort. af B. 0-8 sek. Busspoler i A-retning	-
Østerbrogade/Jagtvej	12.10	Tidsstyret	80 80 70 60	72 39 0 26	38/14	ELC-3	X	-	-	Busforlæng og afkortning fra begge retninger, 6-8 sek. Busspoler i alle ben	-
Østerbrogade/Nøjsomhedsvej	10.07	Tidsstyret	80 80 70 60	0 0 0 0	49/16 (A-retning kan doseres)	EC-1	X	Fra nord	A-retning begge veje	Indkobling af bussignal. Busforlæng 0-4 sek. Forlæng af A-retning 0-10 sek. Busspoler i A-retning begge sider.	Følger en doseringsfunktion der kan give permanent anm. eller permanent anm. og forlæng
Triangel/Østerbrogade	10.06	Tidsstyret	80 80 70 60	18 38 0 10	36/22	ELC-2	-	x	-	Indkobling af bussignal fra A- og B-retning.	Følger en doseringsfunktion. Trafikstyring af bus-signaler ikke forklaret.
Østerbrogade/Triangel, syd	10.12	Tidsstyret	80 80 70 60	18 38 0 10	37/22	ELC-2/3	-	Fra nord og vest	Fra nord	Indkobling af bussignal fra sideretning	Idriftsat 2010 Grøntider følger Nordre Frihavnsgade
Østerbrogade/Rymsgade	10.11	Tidsstyret	80 80 70 60	32 48 16 26	48/18	ELC-3	X	-	-	Busforlæng af A-retning. 0-10 sek. Busspoler i A-retning fra nord.	-
Lille Triangel	10.05	Tidsstyret	80 80 70 60	74 22 32 42	30/28	ELC-2	-	X	A-retning begge sider	Indkobling af bussignal fra Dag Hammerkjølds Allé. Busspoler.	-
Oslo Plads/Kristianiagade	10.04	Tidsstyret	80 80 70 60	61 9 61 46		ELC-3					Under ombygning pga. metro
Oslo Plads/Østbanegade	10.03	Tidsstyret	80 80 70 60	33 38 26 46	33/33	ELC-2	-	x	x	-	Under ombygning pga. metro
Oslo Plads/Øster Voldgade	10.02	Tidsstyret	80 80 70 60	60 48 26 46	27/27	ELC-2	-	-	A-retning begge sider	-	Nedtællingssignaler på tværs af Folke Bernadottes Allé.
Grønnings/Esplanden	08.14	Tidsstyret	80 80 70 60	Ikke oplyst	36/9	ELC-2/3	X	-	A-retning fra syd	Afkort. af cyklister og fodg. ved højresvingsskø. Busforlæng og afkort 0-8 sek.	-
St. Kongensgade/Esplanden	08.01	Tidsstyret	80 80 70 60	Ikke oplyst	54/12	ELC-2	X	A-retning	A-retning	Bussignal indkobles op til 3 gange pr. om-løb ved belægning på spole.	
Bredgade/Frederiksgade	08.09	Tidsstyret	80 80 70 60	52 52 61 31	46/22	ELC-2	-	-	-	-	-
St. Kongensgade/Dronningens Tværgade	08.02	Tidsstyret	80 80 70 60	Ikke oplyst	40/28	ELC-2	X	-	-	Busforlæng af A-retning 0-6 sek. Spoler.	
Bredgade/Dronningens Tværgade	08.08	Tidsstyret	80 80 70 60	32 32 44 14	48/18	ELC-2	-	-	B-retning	-	-
Bredgade/Sankt Annæ Plads	08.13	Tidsstyret	80 80 70 60	25 25 37 7	52/18	EC-1	-	-	A-retning fra syd	-	-
Kongens Nytorv/Gothersgade	08.03	Tidsstyret	80 80 70 60	Ikke oplyst	38/27	EC-1	-	-	-	Afkortning af B-retning 0-7 sek. Afkortning af fodg. i B-retning. Spoler.	Ændres ifm. Dobbelttetet cykeltrafik på Gothersgade.
Kongens Nytorv/Bredgade	08.07	Tidsstyret	80 80 70 60	Ikke oplyst	46/9	EC-1	-	-	B-retning	Forlængelse af A-retning 0-10sek. Spoler.	Udvides og ændres markant efter metroens anlæg.

Tabel 6. Oversigt over de 20 signalanlæg på strækningen.

2.4.4 Samordning

Københavns Kommune indførte i 2008 en grøn bølge for cyklister fra Trianglen til Kgs. Nytorv i sydgående retning, og fra Øster Voldgade til Trianglen i nordgående retning. Bølgen er tilpasset en hastighed på 20 km/t rettet mod København i tidsrummet 06-10 (program 1) og fra København i tidsrummet fra kl. 12-18 (program 2).

Den eksisterende samordning på strækningen er udgangspunktet for at kunne foretage en optimering for cyklisterne.

Den eksisterende signalsamordning strækker sig fra Callisensvej i Gentofte Kommune til Kgs. Nytorv. Dokumentationen er i alt opdelt på tre ark:

- Callisensvej – Jagtvej
- Jagtvej – Øster Voldgade
- Esplanaden – Gothersgade (en plan for hver retning)

Den aktuelle samordning har ikke været dokumenteret gennem Vej-Tid diagrammer. Derudover har forbindelsen til anlæggene via EC-trak været brudt, hvilket har betydet at den tiltænkte samordning på strækningen har været sat ud af drift.

Det har derfor været nødvendigt i projektet at opdatere samordningsplanerne ud fra de nyeste offset tider hentet fra NCP tabeller for hvert enkelt anlæg. Derudover er Vej-Tid diagrammerne blevet tilføjet cyklistgrupperne, da der i flere kryds er forskel i grøntidslængden.

I Tabel 7 er der foretaget en kvalitativ beskrivelse af samordningen for cyklister på strækningen i hhv. nordgående og sydgående retning, og med udgangspunkt i en hastighed på 22 km/t. Beskrivelsen er foretaget for Program 1-3 og inddelt i tre niveauer:

- God: Der forekommer et sammenhængende bånd på strækningen ved 22 km/t
- Middel: Der kan forekomme korterevarende stop i bølgen ved 1 til 2 kryds.
- Dårlig: En eller flere tvungne stop, hvor næsten samtlige cyklister skal stoppe for rødt ved normal cykelhastighed.

Beskrivelsen er opdelt for hhv. delstrækningen Ryvangs Allé-Jagtvej, Jagtvej-Trianglen og Trianglen-Øster Voldgade. Opdelingen kan begrundes ud fra de registrerede trafikmængder, samt den etablerede cykelgrøn bølge fra Kgs. Nytorv til Trianglen. Strækningen fra Øster Voldgade – Kgs. Nytorv er udeladt, da der ikke foreligger offset-tider for alle kryds på strækningen. Der kan dog skabes en perfekt dobbeltrettet bølge for cykler, da gaderne er ensrettet.

Det fremgår af tabellen at samordningen på strækningen fra Ryvangs Allé – Jagtvej er bedst i nordgående retning i program 1, dvs. fra København om morgenen, mens den i program 2 er bedst mod København. Desuden ses en meget fin grøn bølge fra Jagtvej til Øster Voldgade i program 1, mens den i program 2 er bedst i retningen fra København. Ganske som forventet ud fra den opstillede grøn bølge.

Eksisterende samordning for cyklister		
Program 1	Sydgående	Nordgående
Ryvangs Allé – Jagtvej	Dårlig: Tvunget stop ved både Sporsløjfen og Nygårdsvej	Middel: Kort bånd i slutningen af grøntiden fra Jagtvej til Sporsløjfen
Jagtvej - Trianglen	God: Bredt sammenhængende bånd gennem begge kryds ved 22 km/t.	Middel: Kørsel videre mod Jagtvej kræver høj hastighed på 25-30 km/t for at komme med over.
Trianglen – Øster Voldgade	God: Samordning fra Nordre Frihavnsgade ligger midt i grøntidsbåndet ved Lille Triangel og Kristianiagade samt i starten ved Øster Voldgade. Sidstnævnte er OK da cykelhastigheden aftager lidt henover banebroen ved Oslo Plads.	Dårlig: Tvunget stop for alle cyklister ved Kristianiagade. Samordning til Ryesgade ved lav hastighed <20 km/t. Tvunget stop igen ved Nordre Frihavnsgade.
Program 2		
Ryvangs Allé – Jagtvej	God: 10 sek sammenhængende bånd på hele strækningen. Rammer Jagtvej i slutningen af grøntiden.	Middel: Rammer de sidste grøntidssekunder ved Sporsløjfen.
Jagtvej - Trianglen	Dårlig: Tvunget stop ved Nøjsomhedsvej. Ankomst midt i rødtiden ved Trianglen.	Middel: Ved kørsel i slut grønt fra Nordre Frihavnsgade kommer man med over Nøjsomhedsvej og Jagtvej. Ved 20 km/t er der stop i begge kryds.
Trianglen – Øster Voldgade	Dårlig: Tvunget stop ved Lille Triangel, langt stop ved Kristianiagade og tvunget stop igen ved Øster Voldgade.	God: Kort sammenhængende bånd på ca. 10 sek. frem til Ryesgade. Kun de lidt hurtigere cyklister der kører ved start grønt fra Ryesgade, når forbi Trianglen.
Program 3		
Ryvangs Allé – Jagtvej	Middel: Stop ved Sporsløjfen. Kort sammenhængende bånd til Jagtvej.	God: Ca. 12 sek sammenhængende bånd fra grøntidsafslutning ved Jagtvej til grøntidsstart ved Ryvangs Allé.
Jagtvej - Trianglen	Middel: Stop ved Trianglen. Kun god for hurtige cyklister +25 km/t.	Middel: Stop ved Jagtvej. Kun god for hurtige cyklister +25 km/t.
Trianglen – Øster Voldgade	Dårlig: Lange stop ved Lille Triangel, Kristianiagade og Øster Voldgade.	Dårlig: Kort ophold ved Lille Triangel og Ryesgade samt tvunget stop ved Nordre Frihavnsgade

Table 7. Kvalitativ beskrivelse af samordningen i program 1-3 på strækningen fra Ryvangs Allé til Øster Voldgade.

2.4.5 Samordning mellem tætliggende kryds og fra sidegader

Selvom samordningen mellem tætliggende kryds som f.eks. Ryesgade til Trianglen ikke er optimal for cyklister, kan det være nødvendigt at fastholde samordningen pga. biltrafikken, da kømagasinerne mellem krydsene er meget korte. Derfor kan biltrafikken på disse steder meget nemt bryde sammen.

I løsningsdelen er det derfor valgt ikke at foreslå indbyrdes ændringer mellem offset tider for Ryesgade/Trianglen

Udover en analyse af samordningen i hovedretningen på langs af strækningen, ligger der en binding i forhold til samordnede anlæg i sidevejstrafikken.

Det eneste anlæg som indgår i en samordning fra sideretningen er krydset Oslo Plads/Øster Voldgade. Dette kryds afslutter en grøn bølge der starter på Strandvejen og går via Kalkbrænderihavnsgade til Folke Bernadottes Allé. Dette har relevans i forhold til at justere offset tiden i krydset, som i dette tilfælde påvirker to bølger samtidig.

2.5 Opsummering på den trafiktekniske analyse

Analysedelen skulle bruges til at fremdrage alle relevante eksisterende trafiktekniske forhold, som kunne have indflydelse på den palette af løsningsforslag, som tilsammen skal udgøre grøn bølge 2.0. En del forhold i analysen kan betragtes som bindinger der lægger nogle begrænsninger på løsningsmulighederne. Det drejer sig først og fremmest om hensynet til bustrafikken på strækningen, som ikke må forringes, men der er også væsentlige hensyn at tage til sidevejstrafikken. Især for de sidegader der bærer bustrafik.

Analysen har konkret vist at hensynet til biltrafikken i henhold til vejklassificeringen er størst i enderne på strækningen, dvs. nord for Jagtvej og syd for Øster Voldgade. Mellem Jagtvej og Øster Voldgade, som er den signalteknisk mest komplicerede del, er strækningen nedklassificeret til enten bydelsgade eller strøggade.

For sidevejstrafikken prioriteres vejene Dr. Tværgade, Øster Voldgade og Jagtvej højt i henhold til vejklassificeringen, mens Nordre Frihavnsgade/Trianglen er en væsentlig krydsning pga. at den betjener et højt antal busser i form af linie 3A. Krydset Lille Trianglen synes lavere i prioritet, men her viser trafiktallene en meget høj andel af indsvingende cyklister fra Farimagsgade og Sø-gaden.

Bustrafikken kører med frekvens på op til 22 afgang pr. time pr. retning på strækningen primært i form af linie 1A, samt linie 14 og 15.

Gennemgangen af trafikmængderne viser, noget overraskende, at cykelpendlerstrømmen på Østerbrogade nord for Jagtvej er størst mod nord, dvs. fra København. Om eftermiddag tilsvarende størst mod København. For biltrafikken er det omvendt. Syd for Jagtvej er størrelsesforholdet mellem nord- og sydgående trafik nogenlunde ens henover dagen. Nord for Callesensgade er der en udpræget pendlerstrøm for cyklister om morgenen mod København og fra København om eftermiddagen. Den sydligste delstrækningen har lige stor pendling i begge retninger for cyklister.

Alle signalanlæg på strækningen kører sammen programmer og er samordnede. Den etablerede grønbløge fungerer i dag for cyklister mod København om morgenen og fra København om eftermiddagen mellem Kgs. Nytorv og Trianglen.

3. LØSNINGSFORSLAG PÅ GRØN BØLGE 2.0

Dette afsnit omfatter en redegørelse af de løsningsforslag som anbefales til implementering i Grøn Bølge 2.0.

3.1 Valg af styringsform

I forbindelse med kommunens kontraktindgåelse med Peek Traffic, har muligheden for anvendelse af Peek Traffics adaptive produkt ImFlow været drøftet. Nedenfor er en kort vurdering af ImFlow set i forhold til Grøn Bølge 2.0 projektet.

3.1.1 Virkemåde

Ligesom andre adaptive systemer anvender ImFlow trafikdata fra "marken" til at beregne de optimale indstillinger, ud fra de parametre der er sat i systemet. ImFlow kan operere med flere forskellige detekteringsformer (fx spoler, video radar, bus GPS/GPRS mv.) Dette gør at eksisterende detekteringsudstyr kan anvendes og derved mindskes udgifterne til etablering af systemet.

ImFlow kan anvendes på flere niveauer, som overordnet trafikledelsessystem for flere netværk, som adaptiv styring af et netværk af signalanlæg eller som adaptiv styring af et enkelt signalanlæg. Arkitekturen i ImFlow består af en central ImFlow-server, et ImFlow-modul i de signalanlæg der skal styres samt detektorer tilknyttet signalanlæggene.

Der hvor ImFlow primært skiller sig ud fra andre adaptive systemer er at man kan tilpasse styringen ud fra de trafikpolitiske behov vejmyndigheden har. ImFlow optimerer således ikke kun rejsetiden igennem systemet, men kan indstilles til f.eks. prioritering af bustrafik, eller prioritering af en særlig strækning i netværket. Det kan dermed også prioritere cykler i systemet eller på en strækning og til en bestemt hastighed.

3.1.2 Systemkrav

Som omtalt består ImFlow af en ImFlow-server, et ImFlow modul samt detektering. ImFlow modulet skal installeres i styreapparaterne og det kræver at styreapparaterne er af typen EC2 eller EC1 (med en mindre ombygning). Ældre modeller kan ikke anvendes. På strækningen mellem Ryparken og Kgs. Nytorv er der 20 signalanlæg, hvoraf 14 af dem er ELC 2/3 – altså ældre styreapparater. Disse styreapparater ville i så fald skulle skiftes.

3.1.3 Mulighed for implementering

Umiddelbart lyder ImFlow som et system der er værd at teste, idet det adskiller sig fra andre adaptive systemer. Det er planlagt at ImFlow skal anvendes i Valby (det gamle MOTION-område) for at øge busfremkommeligheden. Dette er en oplagt mulighed for at teste systemet.

Der har tidligere – med en del års mellemrum – været afprøvet adaptive systemer i kommunen, MOTION i Valby og SPOT på Centrumforbindelsen. MOTION gav nogle relativt gode resultater, men det var på et grundlag hvor signalanlæggene i området ikke havde været optimeret i mange år. Det kan derfor diskuteres, hvor stor en andel af forbedringerne der kan tilskrives MOTION.

SPOT gav også nogle relativt gode resultater, men det skete på bekostning af de lette trafikanter, særligt fordi omløbstiden på strækningen blev øget med 50 % (nogle gange mere). Parametrene er derfor løbende blevet justeret i systemet, hvilket har kostet mange ressourcer, og man opnåede aldrig den store gevinst med systemet. Jo flere restriktioner og regler man lagde ind i systemet, jo dårligere og mere begrænset blev den adaptive styring.

Der er dermed en væsentlig risiko forbundet ved at vælge systemet, da der ingen garanti vil være for en forbedring af cyklernes rejsetid. Desuden kan der være nogle modstridende forhold mellem et adaptivt system og det ønske kommunen har om at cyklisterne skal føle sig prioriteret. Denne følelse vil nemmere kunne opnås med en god fast samordning, hvor cyklister der pendler hyppigt lærer signalernes rytme at kende og tilpasser sig den nye situation.

Det vil desuden være nemmere at kommunikere til cyklisterne omkring en fast samordning, ligesom at info til cyklister i form af nedtællingssignaler eller tilsvarende vil være udelukket med varierende omløbs- og grøntider.

Endelig bør kommunen også overveje, hvor stor en indflydelse den selv ønsker at have på signalernes samordning på strækningen. Med ImFlow vil det i højere grad være overladt til et lukket system.

Grøn Bølge projektet skal udføres i efteråret 2012, og det vurderes ikke sandsynligt at ImFlow kan implementeres indenfor denne tidsplan.

På baggrund af ovenstående, anbefales det at starte med at teste ImFlow i Valby, inden det implementeres på andre strækninger/netværk. Nye systemer virker sjældent efter hensigten på første dag, og det giver ikke mening at have to test-sites i byen. Det kan overvejes om systemet i Valby også skal omfatte en test af cykelprioritering i form af grønnebølger mv. På den måde kan det afklares hvorvidt systemet med fordel kan implementeres andre steder i byen.

3.2 Muligheder for samordning

Dette afsnit beskriver de overvejelser der gjort i forhold til manuelt at tilpasse samordningen på strækningen, så der opnås en rejsetidsforbedring for cyklisterne.

Ændringen af samordningen på strækningen er foretaget for program 1, program 2 og program 3 for strækningen mellem Ryvangs Allé og Øster Voldgade. Der er for disse strækninger og programmer givet et forslag til en ny samordningsplan, som er tilknyttet denne rapport som bilag.

Program 4 der er i funktion om natten er prioriteret fra, da det påvirker så relativt få cyklister i forhold til dagtimerne. Strækningerne St. Kongensgade og Bredgade fra Øster Voldgade til Kgs. Nytorv er ligeledes udeladt, da der er tale om to ensrettede strækninger der let kan perfekt samordnes til at tilgodese cyklister. De resterende samordningsplaner bør dog behandles i et hovedprojekt.

3.2.1 Dobbeltrettede bølger

Det er indledningsvis blevet undersøgt, hvorvidt det er muligt at etablere gode dobbeltrettede bølger på strækningen for cykler. Ud fra en teoretisk betragtning kan dette godt lade sig gøre, og det vil være relevant at gøre sig klart, hvor der er potentiale for dette.

De teoretisk optimale krydsafstande mellem samordnede anlæg finde hvor køretiden, Δt , mellem to signalanlæg svarer til $n \cdot C/2$, hvor C er omløbstiden og n er et heltal. Køretiden, Δt , mellem to anlæg afhænger af afstanden af hastigheden således:

$$\frac{L}{v} = n \cdot \frac{C}{2} \Leftrightarrow L = n \cdot \frac{vC}{2}$$

$n=1$ vil svare til at tidsforskydningen (forskellen i offset) mellem anlæggene er en halv omløbstid.
 $n=2$ svarer til en tidsforskydning på en hel omløbstid, dvs. ens offset mellem anlæggene.

I Tabel 8 er vist optimale krydsafstande ud fra omløbstiden i anlæggene på strækningen, og hastigheden ved $n=1$. I tabellen er fremhævet optimale afstande ved kørsel med en hastighed på 20-25 km/t svarende til cykelhastighed samt 40-50 km/t svarende til intervallet for bilkørsel, eller cykelhastighed hvor $n=2$.

Omløbstid	Hastighed										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
60"	83	125	167	208	250	292	333	375	417	458	500
70"	97	146	194	243	292	340	389	438	486	535	583
80"	111	167	222	278	333	389	444	500	556	611	667

Tabel 8. Optimale krydsafstande til dobbeltrettet bølge (stopstreg til stopstreg) ved de omløbstider der benyttes for programmerne på strækningen i forhold til hastigheden. $n=1$.

Desværre vil en god dobbeltrettet bølge for cyklister være tilsvarende blokerende for biltrafikken, da hastigheden for biler er ca. dobbelt så stor.

I Tabel 9 er angivet afstande mellem stopstreger i krydsene på strækningen for begge retninger. De fremhævede kryds har potentiale til at blive indstillet med dobbeltrettet bølge. Dette giver især mening der hvor trafikflowet er ca. lige stor i begge retninger, hvilket ud fra tællingerne er i dagtimerne. Som det ses er afstandene mellem Sporsløjfen og Trianglen fornuftige ved enten 70" eller 80" omløbstider.

Afstand	Sidevej	Sidevej	Afstand
0	Ryvangs Allé	*Strandvænget	175
193	**Kildevældsgade	Ved Sporsløjfen	233 (70",n=1)
220 (70",n=1)	Nygårdsvej	Carl Niensens Allé	426 (70",n=2)
423 (70",n=2)	Jagtvej	Strandboulevarden	513 (80",n=2)
521 (80",n=2)	Gunner Nu Hansens Plads	Nøjsomhedsvej	543 (80",n=2)
548 (80",n=2)	Trianglen-Blegdamsvej	Nordre Frihavsgade	50
60	Trianglen		78
66	Rymsgade	Rosenvængets Allé	333
277	Øster Søgade og Øster Farimagsgade	Classensgade	426 (70",n=2)
477 (70",n=2)	Stockholmsgade	Kristianiagade	172
202	Fodgængerfelt	Fodgængerfelt	108
73	Øster Voldgade	Folke Bernadottes Allé	515
525	Esplanaden	Esplanaden	360
		Frederiksgade	197
466	Dronningens Tværgade	Dronningens Tværgade	100
		Sankt Annæ Plads	170
267	Gothersgade	Gothersgade	0

Tabel 9. Krydsafstande mellem stopstregerne i begge retninger på den undersøgte strækning med markering af kryds der har potentiale til god dobbeltrettet cykeltrafik.

3.2.2 Tilpasning til trafikmængderne

Ændringen af samordningen skal tage højde for trafikmængderne på strækningen. Den talte timetrafik for hhv. cykler og biler på strækningen giver et godt udgangspunkt for dette. Analysen

viser at det giver god mening at arbejde med tre samordnede perioder. Det er morgenmyldretid, dagtimerne og eftermiddagsmyldretid.

Ud fra analysen bør samordningen, for at tilgodese cyklisterne bedst muligt, prioriteres som vist i Tabel 10. Dvs. en "omvendt" pendlerstrøm på den ydre del af Østerbrogade, en svag pendlerstrøm frem til Trianglen og en skarp prioritering af pendlerstrømmen fra Trianglen til Øster Voldgade.

Strækning	Morgenmyldretid Kl. 07-10	Dagtimer Kl. 10-15	Eftermiddagsmyldretid Kl. 15-20
Ryvangs Allé - Jagtvej	<i>Svag</i> prioritet fra København	<i>Begge</i> retninger	<i>Svag</i> prioritet mod København
Jagtvej - Trianglen	<i>Svag</i> prioritet mod København	<i>Begge</i> retninger	<i>Begge</i> retninger
Trianglen - Øster Voldgade	<i>Kraftig</i> prioritet mod København	<i>Begge</i> retninger	<i>Kraftig</i> prioritet fra København

Tabel 10. Løsningsforslag til bølgens retningsprioritering for cyklerne fordelt henover dagtimerne, vurderet på baggrund af trafiktallene i analysen.

3.3 Forslag til samordning

3.3.1 Beskrivelse af forslag til Vej-Tid diagrammer

Der er i opdateringen af Vej-Tid diagrammer lagt overordnet vægt på en forbedring af rejsetiden for flest mulige cyklister. Hensynet til bilernes fremkommelighed er vægtet lavest, om end der er taget hensyn i forhold til bindinger ved tætliggende kryds som beskrevet i afsnit 2.4.5.

Der er som i den tekniske analyse foretaget en kvalitativ vurdering af de foreslåede ændringer i samordningen for cykler. Dette er vist i Tabel 11. Som det fremgår af beskrivelsen i tabellen er der ikke mange steder, hvor cykeltrafikken bliver stoppet flere steder. Langt de fleste steder vil der være et smalt bånd, der giver mulighed for gennemkørsel.

Program 3 på 70" omløbstid kan meget fint tilpasses cykler mellem Ryvangs Allé og Jagtvej, da krydsafstandene her er gode til cykelhastigheden. Derimod er Program 1 og Program 2 bedst på strækningen mellem Jagtvej og Øster Voldgade. Især er det problematisk at indpasse program 3 på strækningen mellem Trianglen og Øster Voldgade.

Forslag til samordning for cyklister		
Program 1	Sydgående	Nordgående
Ryvangs Allé – Jagtvej	Dårlig: Tvunget stop ved Sporsløjfen og længere stop ved Jagtvej	God: Sammenhængende bånd på 12 sekunder fra Jagtvej til Ryvangs Allé
Jagtvej - Trianglen	God: Bredt sammenhængende bånd gennem begge kryds ved 22 km/t.	Middel: Kørsel videre mod Jagtvej kræver høj hastighed på 25 km/t for at komme med over.
Trianglen – Øster Voldgade	God: Samordning fra Nordre Frihavnsgade ligger midt i grøntidsbåndet ved Lille Triangel og Kristianiagade samt i starten ved Øster Voldgade. Sidstnævnte er OK da cykelhastigheden aftager lidt henover banebroen ved Oslo Plads.	Dårlig: Tvunget stop ved Østbanegade. Samordning frem til Nordre Frihavnsgade. Tvunget stop igen ved Nordre Frihavnsgade.
Program 2		
Ryvangs Allé – Jagtvej	Middel: 10 sek sammenhængende bånd på hele strækningen.	Middel: Smalt sammenhængende bånd gennem alle kryds. Også god ved højere hastighed.
Jagtvej - Trianglen	Middel: Kort sammenhængende bånd på hele strækningen. Rammer Trianglen i starten af grøntiden.	God: Bred bølge der tilgodeser almindelig cykelhastighed. Rammer Jagtvej ved start grønt.
Trianglen – Øster Voldgade	God: Smalt bånd fra start af grønt ved Trianglen til Øster Voldgade. Kræver dog rask kørsel henover Oslo Plads.	Middel: Bred sammenhængende bølge frem til Nordre Frihavnsgade, hvor der vil være et tvunget stop.
Program 3		
Ryvangs Allé – Jagtvej	God: Meget fornemt og bredt bånd i begge retninger for cykler. Krydsafstandene ligger her optimalt.	God: Meget fornemt og bredt bånd i begge retninger for cykler. Krydsafstandene ligger her optimalt.
Jagtvej - Trianglen	God: Bredt sammenhængende bånd frem til start grønt ved Trianglen.	Middel: Minimum 10 sekunders sammenhængende bånd fra Trianglen forbi Jagtvej.
Trianglen – Øster Voldgade	Middel: Smalt band fra Trianglen forbi Kristianiagade. Længere stop ved Øster Voldgade.	Dårlig: Stop ved Kristianiagade og Nordre Frihavnsgade.

Tabel 11. Beskrivelse af samordningen efter ændringer i offset værdier.

Påvirkningen af bussernes og biltrafikkens fremkommelighed vil ikke blive forsøgt kvantificeret. Det vil dog være en generel antagelse, at bussen kommer til at følge cykelflowet, hvilket med den stoppestedafstand der er på strækningen, i mange tilfælde kan være en fordel for bussen. For at sikre bussens fremkommelighed anbefales en metode til implementering, som er beskrevet i afsnit 3.7.

3.4 Forslag til trafikstyring

Det anbefales at der anvendes lokal trafikstyring i enkelte anlæg på strækningen for at øge servicen og fremkommeligheden for cykler. Der lægges op til to typer af trafikstyring:

- Forlængelse/afkortning af grøntid
- Trafikstyret ændring af off-set tid

3.4.1 Forlængelse/afkortning af grøntid

Denne metode minder om den metode, der ofte anvendes ved busprioritering. Ideen er at cyklister skal have mulighed for at forlænge det grønne lys i signalanlægget i slutningen af grøntiden, eller afkorte sideretningens grøntid, så der opnås en tidligere grøntidsstart for cyklerne. Da der anvendes fast tidsstyret samordning på strækningen, skal tiden til forlængelse af grøntiden "trækkes tilbage" igen for at bevare samordningen. Det anbefales derfor at en forlængelse max kan blive 10 sek. hvilket svarer til at cyklerne tidligst kan udløse en forlængelse ca. 60 m fra krydset (ved 22 km/t). En afkortning af sideretningens grøntid medfører at cyklerne får grønt tidligere end normalt. Ved begge løsninger anbefales det, at der skal en gruppe på mellem 5-8 cyklister til at udløse hhv. forlængelsen eller afkortningen. Detekteringsmetode er beskrevet under afsnit 3.5.

Som nævnt skal tiden til en forlængelse "trækkes tilbage" igen. Det skal derfor overvejes hvor de 10 sek. skal tages fra – sideretningen, eller ved senere opstart af hovedretningen. Tabel 12 viser i hvilke signalanlæg det anbefales at etablere forlængelse/afkortning af grøntid. Der er anvendt 3 forskellige principper for valg af lokalitet:

- I kryds med mindre sideveje med begrænset trafik
- I kryds hvor grønt for hovedretningen er kort
- I kryds hvor samordningen ikke passer så godt – fx hvor ikke alle cykler i bølgen når med over for grønt lys.

Kryds (sidevej)	Forlængelse	Afkortning af sideretning
P1 Jagtvej	Begge retninger	X
P1 Kristianiagade	Mod byen	
P2 Nøjsomhedsvej	Mod byen	X
P3 Nøjsomhedsvej	Mod byen	X
P3 Ryesgade	Fra byen	

Tabel 12. Kryds hvor trafikstyring med forlængelse/afkortning anbefales etableret

3.4.2 Trafikstyret ændring af off-set tid

Mulighed for anvendelse af vejr-data til styring af den grønne bølge, har været drøftet i projektudviklingsfasen. Det har været forslået at anvende en vindmåler der ved måling af kraftig (mod)vind automatisk ændrer hastigheden for grønbølgen. Det anbefales dog at måle cyklisterne hastighed og styre grønbølgehastigheden ud fra denne. Det er trods alt cyklernes hastighed der er interessant. Det er for så vidt underordnet hvorfor cykelhastigheden nedsættes. Desuden er vinden ofte meget skiftende i byen – der kan være medvind ved et bygningshjørne og modvind på det næste som følge af turbulens. Det er derfor mere præcist at måle cyklernes hastighed og helst over en strækning, og ikke blot i et punkt. Målingen skal helst finde sted i et snit, hvor cyklerne er i normal fart, men ikke bliver påvirket af signalgivningen, som får cyklisterne til at tilpasse hastigheden. Det vil derfor være oplagt at måle hastigheden på de længste frie strækninger og 30-80 meter efter krydset.

Funktionen af trafikstyret ændring af off-set omfatter at grønbølgen på strækningen skal justeres på baggrund af de hastighedsmålinger der foretages på strækningen. Det er usikkert om off-set tiden teknisk kan justeres uden at skulle skifte program. Alternativt kan der lægges flere identiske programmer ind i styreapparaterne, blot med forskellige off-set tider. På den måde kan løsningen sammenlignes med trafikstyret programvalg.

For at programmerne ikke skal stå og pendle ved små udsving i den målte hastighed, skal der fastsættes nogle grænseværdier for hvornår der skiftes til ny off-set til (ny grønbølge hastighed). Det anbefales at der anvendes bluetooth enheder som beskrevet under afsnit 3.5, der opsættes på strækningen til måling af cyklernes hastighed, men også til at analysere spredningen i hastigheden, inden der vælges grænseværdier.

Det anbefales at denne trafikstyring etableres på hele strækningen. De steder hvor der ikke er bluetooth enheder, kan der måles hastighed med kamera beskrevet i afsnit 3.5. Dog bør strækningen deles op, således at cykelhastigheden ved fx Svanemøllen st. ikke medfører at grønbølgehastigheden ændres i St. Kongensgade. Tabel 13 viser et oplæg til opdeling af strækning.

Strækning nr.	Fra kryds	Til kryds
1	Ryvangs Allé	Jagtvej
2	Jagtvej	Trianglen
3	Trianglen	Øster Voldgade
4	Øster Voldgade	Kgs. Nytorv
5	Kgs. Nytorv	Øster Voldgade

Tabel 13. Opdeling af strækning i forhold til trafikstyret ændring af off-set.

Selvom strækningen opdeles, og der anvendes forskellig grønbølgehastighed mellem to strækninger, så betyder det ikke nødvendigvis at grønbølgen brydes. Hvis udgangspunktet er 22 km/t for grønbølgehastigheden og den ændres til 17 km/t på en delstrækning, så vil der stadig være

mulighed for grøn bølge mellem de to strækninger, men det kan være at "grønbølgebåndet" bliver mindre.

3.5 Afprøvning af nye detekteringsformer.

Som en væsentlig forudsætning for selve den tekniske løsning af detektering af cyklister. Har kommunen forudsat at der ikke anvendes spoler (eller andre installationer i belægningen) til detektering af cykler. Metoder som spoler og optiske fibre indgår derfor ikke som en del af løsningsforslagene vedr. detektering.

Det er derfor i forbindelse med udarbejdelsen af denne rapport, undersøgt hvilke andre metoder der kan anvendes til detektering af cyklister. Umiddelbart findes der ikke mange alternativer til spoler på markedet, så det må nok påregnes, at der i forbindelse med dette projekt, skal udvikles løsninger, som kun delvis er på markedet, eller i det mindste løsninger fra andre produktionsapparater, der skal omstilles til at kunne tælle/registrere cykler.

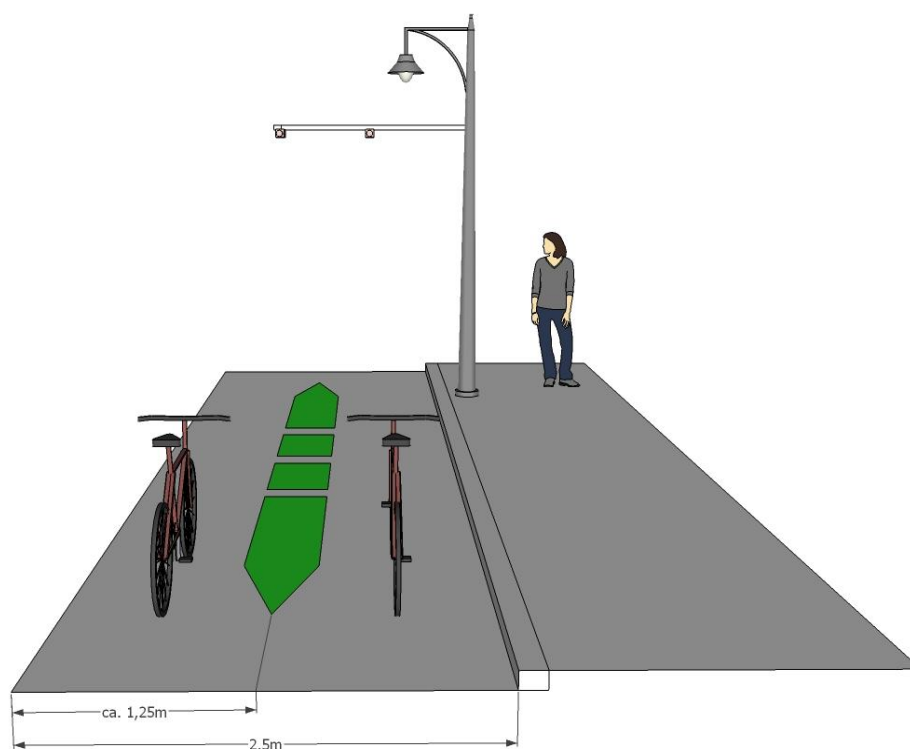
En del af udfordringen ved detekteringen til Grøn Cykelbølge 2.0 er også ønsket om at detektere cyklister i grupper (trafikstyring med forlængelse/afkortning).

I de følgende afsnit, er der kort beskrevet de forskellige detekteringsmetoder det kan anbefales, kommunen afprøver på strækningen.

3.5.1 Kamerateknik

Der er undersøgt to typer af kameraer i projektet; genkendelseskamera og 3D kamera. Begge typer er beskrevet nærmere i nedenstående afsnit.

For at sikre en korrekt aflæsning af cyklisterne, vil det være nødvendigt at opdele cykelstien med afmærkning, så cyklisterne bliver opdelt for lettere aflæsning. Et forslag til konfiguration af cykelsti og kamera opstilling er vist på Figur 5. Ét kamera kan formentlig konfigureres til at dække de to spor der er vist på figuren. Alternativt vil det være nødvendigt at opsætte to kameraer pr. målepunkt.



Figur 5. Mulig opstilling/konfiguration af kameraopstilling

Afhængig af hvilken type kamera der vælges, kan der laves forskellige opsætninger. Der kan vælges et standalone kamera, eller en løsning med IP-kamera som så sender et signal til en server. Lige gyldigt hvilken type der vælges, skal de forsynes med 230v samt netværkskabel (alternativt trådløs kommunikation til styreapparat)

3.5.1.1 Genkendelseskamera

Genkendelseskamera anvendes i dag til persongenkendelse. Kameraet kan via bagvedliggende software genkende personer der bevæger sig inden for kameraets "synsfelt". Kameraet anvendes i høj grad som prævention i forhold til terrorhandlinger mv. Kamerateknikken anvendes bl.a. af PET – formentlig til persongenkendelse (er ikke muligt at få oplyst hvad de anvender dem til).

Til dette projekt kan teknikken anvendes til at tælle cykler og til at måle cyklernes hastighed. Ved at anvende kamerateknik til detektering af cyklisterne vil der foruden de sædvanlige oplysninger om fart og antal, åbne sig flere forskellige muligheder for analyser og dataindsamling.

Det vil således nok være muligt at registrere følgende parametre:

- Antal cyklister der bruger cykelhjelm
- Antal cyklister der taler i mobiltelefon
- Aldersfordeling på cyklisterne (børn eller voksne) mv.

Standalone kamera

Ved standalone løsningen er software mv. indbygget i kameraet så kameraet kan sende et bearbejdet signal direkte til styreapparatet ved signalreguleringen. Foruden signalet til styreapparatet kan kameraet sende yderligere data, som beskrevet i pkt. 3.5.1 til en server i kommunen, hvor data så behandles yderligere.

Standalone løsningen koster ca. 20.000 pr. målepunkt

IP kamera

Hvis det vælges at arbejde med IP kameraer, vil stykprisen for kameraerne være noget billigere end standalone løsningen. Til gengæld vil der skulle investeres i en server mv. hvilket gør at installationen økonomisk set bliver tilsvarende standalone løsningen, alt afhængig af antallet af kameraer/installationer.

Ved en konfiguration på op til 8 kameraer, vil installationsprisen være ca. 10.000 pr. målepunkt

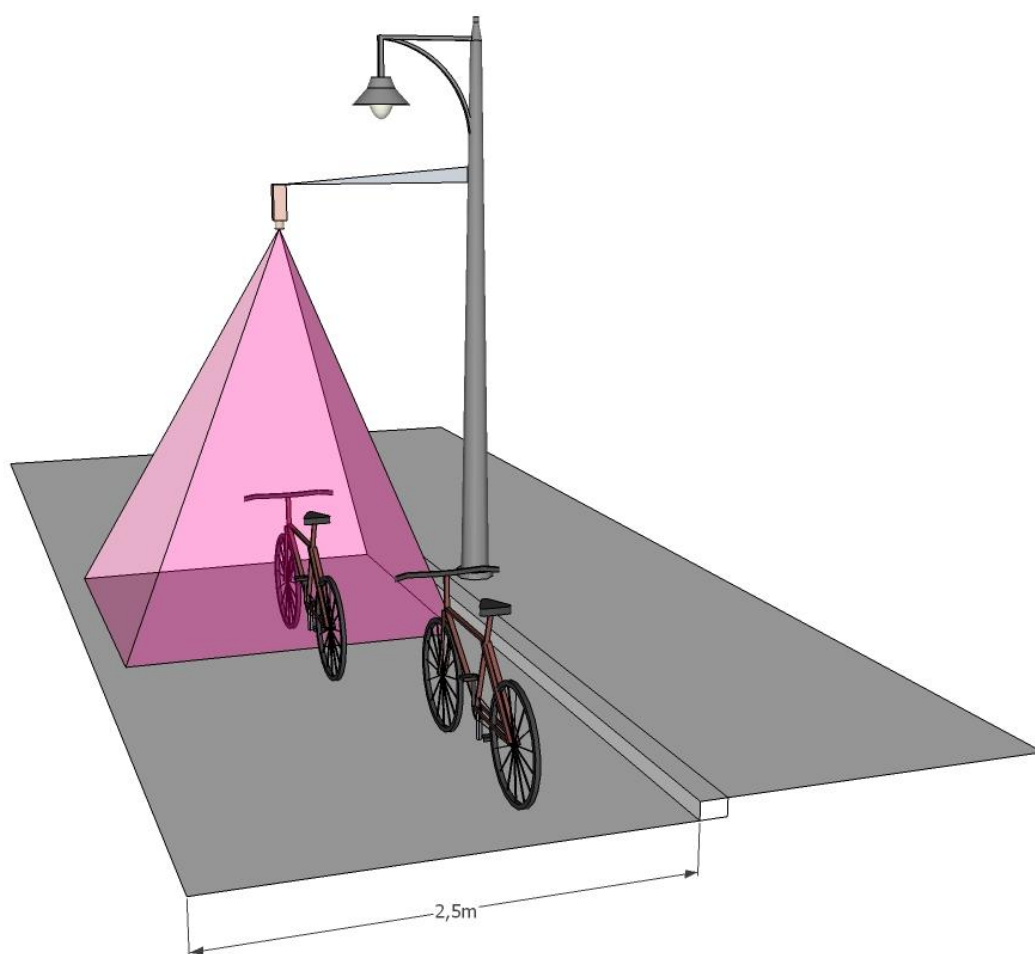
Gældende for begge kameraløsninger er, at der ligger noget udvikling for at få de ønskede informationer. Omkostningerne til denne udvikling er anslået af leverandør til ca. 80-100.000 kr.

3.5.1.2 3D kamera

En anden mulighed for detektering, kan være at anvende et 3D kamera, der ligeledes kan anvendes til detektering af cyklister, der passerer under målepunktet, som illustreret på Figur 6.

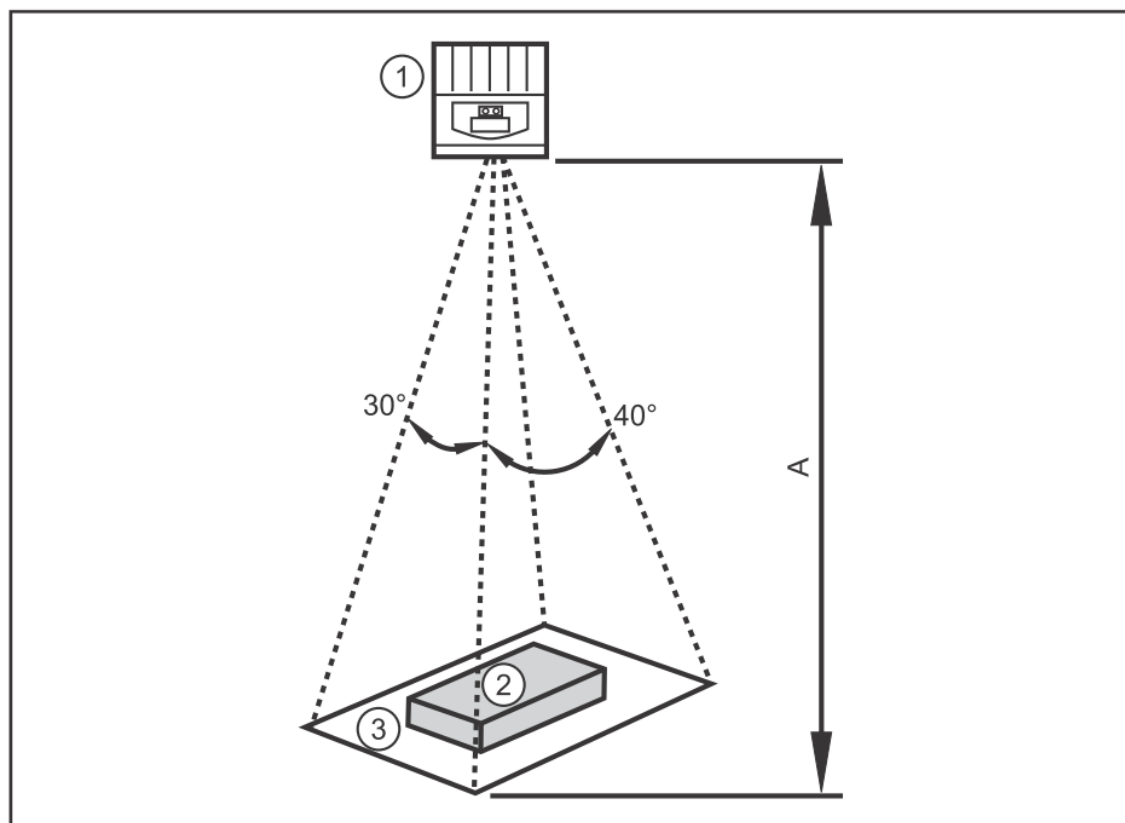
Denne teknologi er bl.a. anvendt af Vejdirektoratet, i forbindelse med detektering af spøgelsesbiler på motorvejsramper.

Kameraet anvender måling af volumen der passerer under detekteringsområdet, for på den måde at beregne hastighed og eventuelt antal af samtidige cyklister i måleområdet.



Figur 6. Placering og måling med 3D kamera.

Grundet den måde som kameraet fungerer på, skal det monteres lodret over cykelstien som vist på Figur 6, højden over cykelstien er defineret ud fra kameraets synsfelt, som beskrevet på Figur 7, hvorfor det er bredden af cykelstien der afgør min. højde for placering over cykelstien.



Figur 7. Kameraets aflæsningsvinkler (synsfelt). 1 = kamera, 2 = objekt (cyklist), 3 = "synsfelt".

3.5.2 LEDguides

Der udvikles løbende nye detekteringsformer, og et af de produkter der pt. er i udvikling er LED-guide fra GEVEKO ITS, som udover at kunne anvendes som lanelight, også er ved at blive udviklet til at kunne tælle trafik.

LEDguiden er nærmere beskrevet i afsnit 3.6.1. Ifølge producenten vil der være en LEDguide med tællefunktion klar til efteråret 2012, hvorfor det kan være et interessant produkt at afprøve i forbindelse med dette projekt.

Prisen for en LEDguide med tællefunktion og trådløs kommunikation og solcelleforsyning ligger på ca. 6.000 kr.

3.5.3 Bluetooth

Det er besluttet at etablere Bluetooth enheder på strækningen i samarbejde med Blip Systems. Bluetooth enhederne skal udover at give rejsetidsmålinger i dette projekt, også anvendes i et projekt vedr. kørslesmønster for cykler i mikrosimulerings modeller.

Til Grøn bølge 2.0 projektet er hensigten at anvende bluetooth enhederne til tælling og måling af cyklernes antal og hastighed. Bluetooth enhederne har ikke været anvendt til dette formål før, så det er muligt at det kan tage ekstra tid at implementere dem. Formålet med at anvende enhederne til tælling og hastighedsmåling er, at det kan anvendes i forbindelse med evalueringen af projektet. Grundet manglende økonomi, er der ikke anvendt det antal enheder som Blip Systems anbefalede, og målingerne skal derfor suppleres med andre målinger i forbindelse med evalueringen. Der anvendes 8 bluetooth enheder fordelt som vist på Figur 8.

Det anbefales at muligheden for at koble bluetooth enhederne sammen med trafikstyret ændring af off-set undersøges, når enhederne er i drift, og fungerer efter hensigten. Hvis hastighedsmålingerne fra bluetooth enhederne kan anvendes til at styre grønbølgehastigheden, kan der spares et eller flere af ovenstående kamera.



Figur 8. Placering af bluetooth enheder på strækningen.

3.6 Information og trafikledelse til cyklister

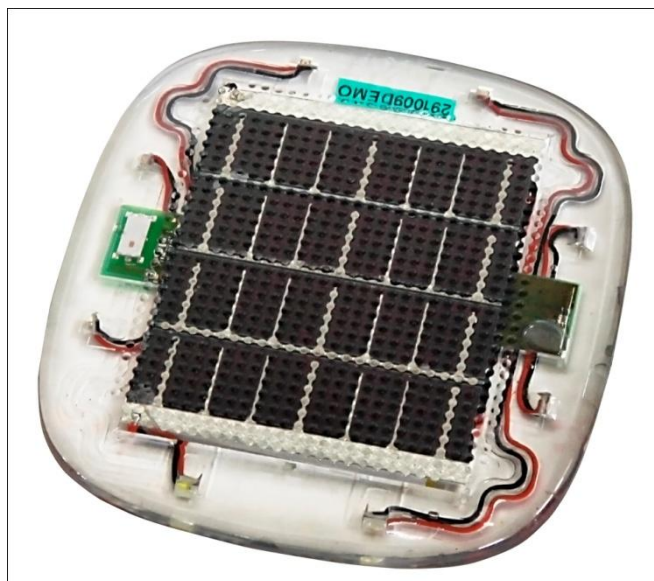
Den grønne bølge er sat til en hastighed på 22 km/t. Afhængig af hvor bredt "grønbølgebåndet" er, vil cyklister der kører lidt hurtigere og lidt langsommere end 22 km/t køre i den grønne bølge. Det er dog de færreste cyklister der kører med cykelcomputer, og de ved derfor ikke hvilken hastighed de kører. Det er derfor vigtigt at cyklisterne får information om, hvorvidt de ligger i den grønne bølge, eller ej.

Vi mener at den bedste måde at give denne information til cyklisterne på, er ved visuelt at vise dem, hvor de ligger i bølgen. Løsninger der cyklisterne hvor hurtigt de kører fx med "Din Fart" tavler (som på Farigmagsgade), vil ikke have samme effekt. Vi anbefaler derfor at man arbejder med nedenstående løsninger.

3.6.1 LED grøn bølge

Som et led i at synliggøre den grønne bølge, og samtidig hjælpe cyklisterne med at følge den, bør der på visse delstrækninger op mod stopstregen etableres en synlig- og dynamisk grøn bølge visning, via lane lights.

For at sikre en kosteffektiv installation, og for samtidigt at sikre muligheden for tilpasninger, foreslås det at anvende, trådløse og solcelledrevne lane lights (LEDguides), som vist på Figur 9.



Figur 9. LEDguide, solcelledrevet lanelight, m. trådløs kommunikation

Ledguides kan med fordel monteres på cykelstien, både i siderne og evt. på midten af stien, da de monteres i niveau med stiens overflade og således ikke er generende at køre på. Ved montage bliver LEDguiden stort set usynlig, da klæbemateriale kan laves i samme farve som belægningen.

LEDguiden skal således lyse grønt, når hastighed og afstand til kryds, passer med at cyklisten kan nå over for grønt i det næste signalanlæg. Da LEDguiden anvender solenergi er der nogle begrænsninger for, hvor lang tid den kan lyse. Det er derfor muligt at der skal anvendes dobbelt op på enheder, således at den enkelte enhed kun lyser hver anden gang. De lægges således med 10 m afstand til hinanden, det vil sige at der vil være 20 m mellem dem der lyser.

Udover selve LEDguiden skal der installeres en såkaldt gateway der kommunikerer med enhederne. Der skal installeres en gateway for hver retning i krydset med LEDguide. Det anbefales som udgangspunkt at etablere LEDguide i alle kryds, dog med undtagelse af tætliggende kryds. Det vil sige at de ikke børe etableres mellem følgende kryds:

- Trianglen – Ryesgade
- Kristianiagade – Øster Voldgade

3.6.2 Nedtællingssignaler

Nedtællingssignaler kan anvendes på strækningen mellem to signalanlæg, eller ved selve anlægget. Nedtællingssignalet tæller ned i sek. Nedtællingssignalerne har samme funktion som LEDguiden, idet der informeres om det næste signals indstilling. Løsningen med nedtællingssignaler skal derfor primært ses som et alternativ til LEDguiden.

Nedtællingssignalet mellem to anlæg placeres ca. 200 m fra anlægget hvilket svarer til en køretid på ca. 33 sek. (22 km/t). Nedtællingsfunktionen kan både tælle ned til der bliver rødt og til der bliver grønt – evt. med hhv. grønne og røde cifre. Signalet kan være et alternativ til LEDguiden på udvalgte strækninger, idet løsningen er billigere end LEDguiden. Ulempen er dog at cyklisterne kun får informationen i ét punkt, frem for løbende langs strækningen som med LEDguiden.

Nedtællingssignalet ved signalanlægget virker efter samme princip. Her vil signalet hjælpe de cyklister der befinder sig ca. 30-40 m fra signalanlægget. Disse vil således kunne tage stilling til om de ved at træde lidt ekstra i pedalerne, kan nå med over for grønt lys, eller om tiden til skift til rødt er for kort til at kunne nå med over for grønt lys. I rødperioden vil signalet hjælpe cyklisterne til at forberede sig på at starte for grønt. Der kan være risiko for at cyklisterne starter før der er grøn lys, når der fx er 3 sek. tilbage. Det anbefales derfor at nedtællingen til grøntidsstart

slukker 5 sek. før, således at de sidste 5 sek. af nedtællingen ikke er synlig. Listen nedenfor viser de steder hvor det anbefales at etablere nedtællingssignaler.

- Ved krydset Strandvejen/Ryvangs Allé, mod byen
- Mellem Nygårdsvej og Jagtvej, begge retninger
- Mellem Jagtvej og Nøjsomhedsvej, begge retninger
- Ud for Sortedamsdossering, begge retninger
- Mellem Kristianiagade og Lille Triangel, begge retninger
- Mellem Øster Voldgade og Esplanaden (St. Kongensgade), mod byen
- Mellem Esplanaden og Øster Voldgade (Grønningen), mod byen

3.6.3 Rejsetidsinfo

Info om rejsetid til cyklisterne er mere at betragte som service. Der kan opsættes rejsetidsangivelse på strategiske steder på strækningen, således at cyklisterne får info om hvor lang tid der er til specifikke mål. Der kan både anvendes bluetooth målinger og målinger fra kamera til at bestemme rejsetiden. Se nedenstående for antal og placering.

- 1 stk. før krydset Strandvejen/Ryvangs Allé i retning mod byen
- 1 stk. ved Sortedams Dossering i retning mod byen
- 1 stk. på Grønningen i retning fra byen
- 1 stk. efter Lille Triangel i retning fra byen

3.7 Metode til implementering

Dette afsnit omfatter en anbefaling af hvordan ovenstående løsninger kan implementeres på strækningen.

3.7.1 Forberedende arbejder

Som nævnt indledningsvis fungerer samordningen på strækningen ikke efter hensigten. Årsagen er at der er flere signalanlæg der ikke har forbindelse til serveren på politigården. Dette skyldes højst sandsynligt kablefejl mellem politigården og strækningen. For at kunne indstille den grønne bølge som vedlagt i Bilag 2, skal alle kablefejl være udbedret. Det er derfor vigtigt at disse fejl rettes hurtigst muligt.

3.7.2 Implementering af grøn bølge i fast tidsstyret samordning.

De vedhæftede VT-diagrammer i Bilag 2 med oplæg til ændret samordning på strækningen, skal implementeres på strækningen. VT-diagrammerne er udarbejdet på baggrund af den indstilling som signalanlæggene burde have (hvis der ikke var kablefejl). De er derfor relative teoretiske, og bør ikke uden videre implementeres uden en vurdering af konsekvenserne for cykler, busser og biler.

Det anbefales derfor at samordningen implementeres trinvis, således at strækningen opdeles i mindre strækninger. Når grønbølgen er implementeret på en delstrækning, observeres der i marken. Observationerne skal afdække hvordan bølgen påvirker de enkelte trafikantgrupper. Der kan være kryds hvor busserne altid møder rødt lys, der kan være strækninger hvor cyklerne kører langsommere end forventet. Under observationerne vil det være en fordel hvis der samtidig er kontakt til en person ved kommunens EC-Trak så det er muligt at stille på samordningen, hvis der observeres uhensigtsmæssigheder der kræver hurtig indgriben.

Denne metode koster naturligvis nogle ressourcer til "mark-arbejdet". Men det skal ses i forhold til opbygning af en tilnærmet model, f.eks. som en mikrosimuleringsmodel. Dette vil være overordentlig ressourcekrævende og vil nødvendigvis ikke være retvisende. Det bedste trafikale billede fås ved at se den i 1 til 1.

3.7.3 Implementering af øvrige løsninger

De øvrige løsninger som trafikstyring, kamera, LEDguide og information til cyklister skal naturligvis også følges op ved observationer, så diverse indstillinger kan korrigeres og sættes korrekt. Men når de først er implementeret, så er det evalueringen der skal tage over.

4. OPSAMLING PÅ FORSLAG TIL IMPLEMENTERING AF GRØN BØLGE 2.0

Afsnit 3 har været en gennemgang af de løsninger som vi anbefaler der implementeres på strækningen. Der vil ikke i denne forundersøgelse blive peget på en entydig løsning til Grøn Bølge 2.0, men derimod en palette af løsningsmuligheder, med tilhørende forslag til steder for implementering, som beskrevet i afsnit 3. Den økonomiske begrænsning i projektet, medfører formentlig, at ikke alle tiltag kan igangsættes i det omfang de er beskrevet. Det vil derfor være nødvendigt med en prioritering af løsningerne.

Som tidligere nævnt, virker dagens situation ikke som tiltænkt, grundet fejl i samordningen. Der er derfor ikke opstillet en forventet tidsbesparelse for cyklisterne med de foreslåede løsninger. Det er dog klart at selve de tidsmæssige besparelser for cyklisterne ligger i hhv. en forbedret samordning, samt indførelsen af mere tilpasset trafikstyring.

Store dele af strækningen har en god cykelgrøn bølge i dag (bedømt ud fra Vej-Tid diagrammer), og derfor vurderes der ikke at være en kæmpe gevinst at hente ved at ændre samordningen markant. Det er dog vist i forslag til Vej-Tid diagrammerne, at der kan skabes bedre sammenhæng for cykeltrafikken på hele strækningen. Den foreslåede ændring af grøn bølgen tager desuden i højere grad hensyn til den målte fordeling af cykeltrafikken på strækningen, og på den måde prioriteres den retning med flest cyklister, dog uden at de tidsmæssige konsekvenser for bil- og bustrafikken er udmålt.

Placeringsmuligheder for trafikstyring i form af grøntidsforlængelse og afkorting er opgjort, men det skal prioriteres i det videre forløb. Konkret kan det være en idé at vente med etablering af et enkelt kryds for trafikstyring med cyklister, før samordningen er ændret og man i marken har konstateret, hvor det potentielt vil give bedst mening.

5. OPLÆG TIL EVALUERING

Evaluering af løsningerne er meget vigtig – særligt fordi der er en del nye løsninger, der ikke har været afprøvet før.

5.1 Omfang af evaluering

Evalueringen skal helt overordnet omfatte en redegørelse af om rejsetiden for cykler er reduceret. Det er her vigtigt at gøre sig klart, hvilken før-situation man ønsker at evaluere op imod. Det mest korrekte vil være at evaluere mod den situation som burde være på strækningen, hvis samordningen virkede. Som tidligere nævnt, anbefales det derfor at få rettet fejlene hurtigst muligt, og derefter gennemføre før-målinger for cykler og biler. Det vil formentlig ikke være muligt at skaffe tilstrækkelig med busdata i perioden fra fejlene rettes, til projektet skal implementeres på strækningen i efteråret. Det anbefales derfor, at busdata udtrækkes fra en periode hvor samordningen har virket efter hensigten. Hvis dette ikke er muligt (fordi der ikke findes dokumentation herfor), bør det prioriteres at vælge en periode hvor omfanget af vejarbejder eller andre omlægninger har været begrænset på strækningen.

Udover evaluering af rejsetiden, bør det også undersøges om antallet af stop på strækningen er reduceret. Derudover skal de enkelte tekniske løsninger evalueres (kamera, LEDguides, nedtællingssignaler, rejsetidsinfo).

5.2 Metode

Her beskrives anbefaling til hvilke metoder der bør anvendes ved evalueringen af de enkelte løsninger.

5.2.1 Grøn bølge

Evalueringen af den grønne bølge – altså rejsetid og antal stop for cyklister – gennemføres ved gennemkørsler af strækningen på cykel med GPS-trackere. Der skal gennemkøres i 3 tidspunkter

på dagen (P1, P2 og P3). Dette gennemføres som før- og eftermåling. Under gennemkørslen registreres antallet af stop for rødt lys.

Som supplement kan data fra bluetooth enhederne muligvis anvendes. Det afhænger af om de er kalibreret og i øvrigt virker efter hensigten.

Udover cykelgennemkørslerne, skal der indsamles data fra biler og busser. Dataopsamling fra biler gennemføres efter samme princip som for cyklerne. Busdata udtrækkes fra Movias server, og det anbefales at der udtrækkes en periode på min. 3 måneder. Det er vigtigt at tage højde for de i afsnit 5.1 omtalte anbefalinger.

5.2.2 Forlængelse/afkortning

Evalueringen af trafikstyringsfunktionen forlængelse og afkortning skal evalueres ved en kombination af optagelser i EC-Trak og observationer i marken. EC-Trak vil "kun" vise om forlængelsen eller afkortningen aktiveres. Det er derfor nødvendigt at observere om cyklerne rent faktisk kommer med over for den forlængede grøntid, og om det er cyklerne der anmelder afkortningen.

5.2.3 Trafikstyret off-set

Evalueringen af trafikstyret off-set udføres også ved en optagelse i EC-Trak. Optagelsen vil vise om der er skiftet program uden for de faste programskiftetider. Det vil også vise hvilket program der er skiftet til. Optagelserne skal sammenholdes tidmæssigt med de hastighedsmålinger der ligger til grund for programskiftet (off-set skiftet).

5.2.4 Kamera og LEDguides (tællefunktion)

Det gælder for begge kamera typer og LEDguiden at de skal evalueres i forhold til test af deres funktion. Det anbefales derfor at der i umiddelbart nærhed af kamera/LEDguide snittene placeres et sæt slangetællinger i en given periode. Derved vil det være muligt at teste om kameraet måler antal og hastighed korrekt.

5.2.5 Bluetooth

Bluetooth enhederne skal testes/evalueres da de ikke har været anvendt til cykelformål før. Det anbefales at enhederne testes ved gennemkørsler på strækningen på cykel, hvor hver enkelt cykel har en rygsæk med mange bluetooth sendere (mobiltelefoner) samt GPS-tracker. Målingerne fra bluetooth enhederne skal sammenholdes med målingerne fra GPS-trackerne.

5.2.6 LEDguides visuel funktion, nedtællingssignaler, rejsetidsinfo

Disse tre løsninger bør evalueres ved en brugerundersøgelse. Det skal dels evalueres om cyklisterne forstår budskaberne fra de tre løsninger, og om de mener de har en effekt. En sådan brugerundersøgelse skal også afdække om cyklisterne føler en oplevelse af at blive prioriteret på strækningen. En metode kan være at dele spørgeskemaer ud på strækningen, eller stoppe cyklister til et kort interview.

6. KOMMUNIKATION

For at synliggøre implementering af Grøn Bølge 2.0, anbefales det at der udarbejdes en plan for kommunikation for dette. Et oplæg til kommunikation er at informere om implementeringen ved at dele 'flyers' ud på strategiske steder på selve strækningen. Der bør desuden være noget synligt om projektet på fx plakater el. lign. Uanset valg af metode, anbefales det at der udarbejdes en plan med proces for hele kommunikationen af projektet.

7. ØKONOMI

Der er i dette afsnit givet et meget groft økonomisk overslag for de enkelte elementer i løsningerne. I Tabel 14 er vist, hvad de enkelte elementer i løsningsdelen vurderes at koste.

Afsnit	Løsning	Stk. pris (kr.)	Antal	Total (kr.)
3.3.1	Ændring af grøn bølge			
	Egne medarbejdere	-	-	0
	Rådgiver	-	-	65.000
	I alt	-	-	0/65.000
3.4.1	Forlængelse/afkortning			
	Projektering	-	4	40.000
	Programmering	25.000	4	100.000
	I alt	-	-	140.000
3.4.2	Trafikstyret off-set			
	Programmering	15.000	20	300.000
3.5.1.1	Genkendelseskamera, Standalone			
	Kamera	20.000		
	Installation	30.000		
	Udvikling	100.000	1	100.000
	I alt	-	-	150.000
3.5.1.1	Genkendelseskamera, IP kamera			
	Kamera	10.000*	8	80.000
	Server	80.000*	1	80.000
	I alt	-	-	160.000
3.5.1.2	3D kamera			
	Kamera + installation	30.000	1	30.000
3.5.2	LEDguides, tællefunktion	Ikke færdigudviklet, derfor ikke oplyst		
3.5.3	Bluetooth	Se projekt fra Cowi		
3.6.1	LEDguides, visuel funktion			
	Levering og installation	170.000	1	170.000
3.6.2	Nedtællingssignaler			
	Ved kryds	40.000	1	40.000
	Mellem kryds	80.000	10	800.000
	I alt	-	-	840.000
3.6.3	Rejsetidsinfo			
	Standere	100.000	4	400.000
5	Evaluering	Ikke vurderet		
6	Kommunikation			
	Drejebog			70.000

Tabel 14. Overslag over økonomi for løsningerne

***Priser oplyst af leverandøren for de pågældende mængder. Et hovedprojekt skal præcisere behovet for antallet af videokameraer og dermed kan stykprisen ændre sig.**

7.1 Forudsætninger til økonomiske delposter

Ændring af grøn bølge.

Ændring af den grønne bølge kan udføres af kommunens egne medarbejdere, da samordningen kan stilles via EC-Track. Den tilhørende observation i marken kan ligeledes udføres af egne medarbejdere. Hvis opgaven ønskes udført af rådgiver, er det vurderet at der sammenlagt skal bruges 1 uges arbejde for to personer.

Forlængelse/Afkortning

Denne løsning er bundet op på anvendelse af kamerateknik. Der skal derfor påregnes 1 kamera for hver retning der ønskes forlængelse. Derudover kommer udgifter til projektering og omprogrammering. Overslaget omfatter ikke udgift til kamera, da denne er prissat for sig selv.

Trafikstyret off-set

Denne løsning kræver en omprogrammering af samtlige signalanlæg hvor der ilægges ekstraprogrammer i styreapparatet. Derudover skal der anvendes bluetooth og/eller kamerateknik til at måle cyklernes hastighed. Bluetooth og kameraet indgår ikke i overslaget.

Genkendelseskamera, standalone

Overslaget omfatter levering og opsætning/installation af kamera. Desuden er udviklingsomkostningerne lagt ind her, og skal således kun betales en gang uanset type af genkendelseskamera.

Genkendelseskamera, IP kamera

Overslaget omfatter levering og opsætning/installation af 8 kamera samt levering og installation af server. Se bemærkningen til tabellen.

3D Kamera

Overslaget omfatter levering og installation.

LED guides, tællefunktion

Det har ikke været muligt at skaffe oplysninger om økonomi på dette produkt, da det endnu ikke er færdigudviklet.

Bluetooth

Se projekt fra Cowi.

LEDguides, visuel funktion

Overslaget omfatter levering og installation af 50 LEDguides samt 3 gateways til 1 kryds

Nedtællingssignaler

Overslag over nedtællingssignaler omfatter projektering, levering og installation.

Rejsetidsinfo

Overslag for rejsetidsinfo omfatter projektering, levering, installation og opstilling af standere med rejsetidsinfo.

Evaluering

Der er ikke vurderet et overslag over evalueringen, da denne kan skaleres meget op og ned afhængig af ambitionsniveau.

Kommunikation

Overslaget for kommunikation omfatter projektering af en "drejebog" for en komplet kampagne, hvor alle elementer og aktiviteter er beskrevet nøje. Overslaget indeholder ikke omkostninger til materialer.

8. BILAG

Følgende bilag er vedhæftet denne rapport.

BILAG 1

VEJ-TID DIAGRAMMER – VERSION 0, EKSISTERENDE FORHOLD, PROGRAM 1-3, RYVANGS ALLÉ – ØSTER VOLDGADE

BILAG 2

VEJ-TID DIAGRAMMER – VERSION 1, OPTIMEREDE FORHOLD FOR CYKLISTER, PROGRAM 1-3, RYVANGS ALLÉ – ØSTER VOLDGADE