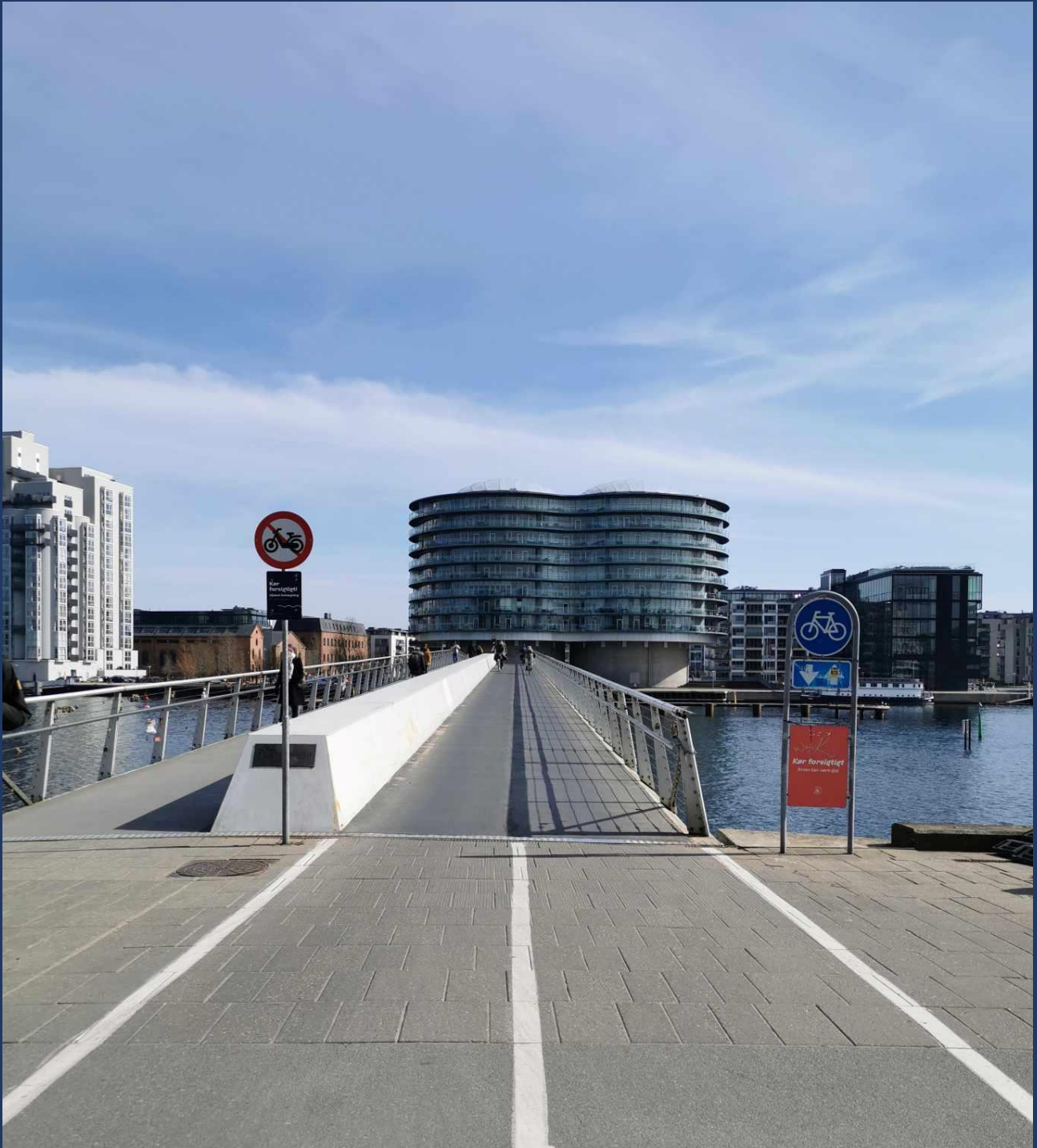




Hvordan skal smalle dobbeltrettede cykelstier afmærkes?

Case: Bryggebroen i København

Navn: Lea Jeanette Hansen

Studienummer:
20220294

Vejleder: Tanja Kidholm
Osmann Madsen

Emne:

Cyklistadfærd

Titel:

Hvordan skal smalle dobbeltrettede cykelstier
afmærkes?

Case: Bryggebroen i København

Projekt:

Kandidatspeciale, Veje og Trafik

Projektperiode:

1. februar 2024 – 6. juni 2024

Forfatter:

Lea Jeanette Hansen

Vejleder:

Tanja Kidholm Osmann Madsen

Synopsis:

Siden Bryggebroen blev bygget i 2006, er antallet af daglige cyklister på den travle cykelbro steget til over 20.000, med over 3.000 cyklister i spidstimen alene. Dette speciale undersøger Københavns Kommunes hypotese om, at midtlinjen på Bryggebroens smalle dobbeltrettede cykelsti bidrager til ulykker og næved-ulykker ved at fungere som et fokuspunkt, der gør cyklisterne mindre opmærksomme på modkørende.

Der er foretaget en videoregistrering af cyklisternes laterale placering på broen efter fjernelser af midtlinjen, som sammenholdt med et lignende forsøg fra 2015 kan give et indtryk af, hvordan midtlinjen påvirker placeringen. I tillæg er der udført et eye tracking forsøg, som sammenligner, hvordan fire forsøgspersoner orienterer sig mod henholdsvis midten af cykelstien og modkørende, på Bryggebroen og på en lignende lokation med midtlinje. Dertil er der udført et litteraturstudie, der undersøger eksisterende vejledninger til bredde og afmærkning på dobbeltrettede cykelstier.

På baggrund af litteraturstudiet og de to forsøg er kommunens hypotese blevet evalueret. Dette fører til en anbefaling om, hvordan afmærkning og andre forhold kan forbedre sikkerheden på smalle, dobbeltrettede cykelstier.

Abstract

The rise of cycling in Europe offers significant environmental and health benefits, but increasing cyclist volumes present challenges to infrastructure guidelines. With one of the highest cycling rates in Europe, the city of Copenhagen faces significant demands on its cyclist infrastructure. This thesis, developed in collaboration with Copenhagen Municipality, investigates the role of the centreline markings on cyclist behaviour and safety on narrow, two way cycle tracks. Motivated by a hypothesis from Copenhagen Municipality, the study examines whether the centreline acts not as a barrier to maintain proper distance but instead as a focal point that reduces cyclist orientation towards oncoming traffic. The study focuses on Bryggebroen, a narrow two way cycle track bridge where the centreline was recently removed due to maintenance.

This thesis assumes that cyclist behaviour on narrow, two way cycle tracks is fundamentally a product of two factors: lateral location on the path and orientation towards oncoming traffic. To investigate this, the study used eye tracking and video recording technologies. The eye tracking study, using specialised eye tracking glasses on four test cyclists, examined their focus on the path centre and oncoming traffic at two similar locations in Copenhagen: Bryggebroen, where the centreline was removed, and Sortedam Dossering, another two way cycle track of similar width and which features a centreline. In addition, the video recording study measured the lateral location of cyclists on Bryggebroen in 25 cm intervals during the morning rush hour. This study was based on a similar 2015 study when Bryggebroen still had a centreline, making it possible to assess the impact of removing the line. In combination, these methods provided a comprehensive assessment of how cyclists' focus and positioning are influenced by the presence or absence of a centreline, offering insights into potential safety improvements.

The results from the eye tracking study on the two way cycle track at Sortedam Dossering showed that cyclists tend to focus more on the centreline than on approaching cyclists. Additionally, video recordings from Bryggebroen indicated that after the centreline removal, cyclists were less likely to cross the centreline during overtaking. This behaviour suggests a heightened awareness of maintaining distance from oncoming cyclists, potentially reducing collision risks. A notable difference was observed in how much test cyclists focused on the centre area of the bicycle path between the two locations, one with a centreline and one without. These findings demonstrate significant behavioural adjustments depending on the presence of a centreline, highlighting its impact on cyclist safety.

A literature review revealed that current guidelines for the width of two way cycle tracks do not account for high traffic volumes like those on Bryggebroen. Additionally, accident and near-miss data from this location suggest that the bridge may be underdimensioned for current peak cyclist loads. Expanding Bryggebroen's narrow two way cycle track is difficult and expensive within the current structure. However, this study indicates that changes to path markings and railings could enhance cyclist spacing and reduce collision risks. The absence of a centreline positively influences cyclist positioning and orientation towards oncoming traffic. Future studies are needed to fully understand the impact of the centreline markings and its connection to cyclist safety.

Forord

Nærværende projekt er et kandidatspeciale udarbejdet af Lea Jeanette Hansen på 10. semester af uddannelsen Veje og Trafik på Aalborg Universitet. Projektet er udarbejdet i perioden 1. februar 2024 til 6. juni 2024, og svarer til 30 ECTS.

En stor tak rettes til projektstilleren, Københavns Kommune, for at præsentere en interessant problemstilling og for at stille en kontorplads til rådighed. Derudover rettes en særlig tak til Søren Troels Berg og Anette Jerup Jørgensen fra Trafiksikkerhedsteamet i Københavns Kommune for deres kompetente vejledning og sparring gennem projektet.

En stor tak skal også lyde til Andrea Victoria Hernandez Bueno fra Institut for Arkitektur, Design og Medieteknologi for lån af eye tracking udstyr.

Der skal også rettes en stor tak til alle der havde lyst til at deltage i forsøget og bidrog med deres tid og indsats.

Til sidst en stor tak til Tanja Kidholm Osmann Madsen, som har bidraget med vejledning igennem hele projektet.

Læsevejledning

Specialet er opdelt i flere kapitler, og nedenfor gives et resumé af hvert kapitel. Kapitel 3 beskriver projektets generelle metodik samt teori og kan læses for sig selv. For at sikre læsbarhed bør kapitel 4-6 læses i kronologisk rækkefølge.

Kapitel 1 – Indledning: Motivation samt relevans af specialets emne præsenteres.

Kapitel 2 – Litteraturstudie: Eksisterende litteratur indenfor cyklistadfærd samt best practices i forhold til udformning af cykelinfrastruktur præsenteres med henblik på at positionere specialet i en videnskabelig kontekst.

Kapitel 3 – Metode og Teori: Projektets metodik præsenteres i kombination med den bagvedliggende teori, med særligt fokus på metoderne videoanalyse og 'eye tracking'.

Kapitel 4 – Hvor placerer cyklisterne sig?: Resultaterne fra videoanalysen præsenteres med fokus på at sammenligne observationerne med data fra Trafitec.

Kapitel 5 – Hvad kigger cyklisterne på?: Resultaterne for eye tracking forsøg præsenteres med fokus på, om tilstedeværelsen af en midtlinje har en signifikant effekt på trafikanternes orientering mod hhv. midten af cykelstien og de modkørende.

Kapitel 6 – Diskussion: Resultater fra videoanalysen og eye tracking forsøget sammenfattes og relateres til Københavns Kommunes hypotese. Begrænsninger, udfordringer og potentielle forbedringsområder diskuteres.

Kapitel 7 – Konklusion: Specialets hovedkonklusioner sammenfattes.

Appendiks: Supplerende tabeller, metoder mm. beskrives i det medfølgende appendiks og henvises til løbende.

Indholdsfortegnelse

Abstract	III
Forord	IV
Læsevejledning.....	IV
1. Indledning.....	1
1.1 Problemformulering	2
2. Litteraturstudie	4
2.1 Vejregler i Danmark og andre lande.....	4
2.2 Cyklisters placering ved forskellige stibredder og trafikmængder	9
2.3 Trafitec: Observationer af cyklisters placering og flow	11
2.4 Eksisterende metoder i litteraturen	14
3. Metode og Teori.....	16
3.1 Videoobservationer	16
3.2 Eye Tracking	19
4. Hvor placerer cyklisterne sig?.....	30
4.1 Karakteristika for videodata	30
4.2 Cyklisternes generelle placering	31
4.3 Cyklisternes placering ved overlap og for fritkørende	32
4.4 Overskridelse af midtlinjen	34
5. Hvad kigger cyklisterne på?.....	35
5.1 Karakteristika for forsøg	35
5.2 Midtlinje	37
5.3 Modkørende.....	41
5.4 Oversigt over testudfald fra eye tracking-studiet.....	45
5.5 Forsøgspersonernes orientering ved overhaling.....	46
6. Diskussion.....	50
6.1 Resumé af resultater	50
6.2 Fortolkning af resultater.....	51
6.3 Styrker og svagheder ved metoden	53
7. Konklusion	56
8. Litteraturliste	57
Appendiks 1 – Litteraturstudie.....	61
Appendiks 2 – Værktøj Holland bruger til at bestemme bredder af cykelstier	64

Appendiks 3 – Rekrutteringsopslag.....	65
Appendiks 4 – Statistiske Beregninger Eye Tracking	66
A4.1 Midtlinjen.....	66
A4.2 Modkørende	74

1. Indledning

København har en af de højeste cyklistrater i Europa (Lawrence Goozee, 2024), hvilket stiller særlige krav til byens infrastruktur. For at kunne håndtere den store mængde cyklister på en sikker og effektiv måde, kræves der løbende ændringer og forbedringer af cykelstier og andre faciliteter. Særligt, med tanke på at 65 % af københavnernes ture til og fra skole/arbejde indenfor København foretages på cykel. Bryggebroen, en cykel- og gangbro fra 2006, blev opført for at binde Amager og Vesterbro bedre sammen og har spillet en central rolle i at facilitere cykeltrafik mellem disse bydele. I dag krydser mere end 20.000 cyklister Bryggebroen dagligt, hvoraf morgenspidstimen udgør cirka 3.000 cyklister (Københavns Kommune, 2022).

Med en dobbeltrettet smal cykelsti på kun 3,2 meter, står Bryggebroen over for udfordringer med at håndtere de store mængder cykeltrafik, særligt i myldretiden. Initiativer som "Cykelfokus 2024" (Københavns Kommune, 2024) fremhæver behovet for bredere cykelstier for at imødekomme de stigende trafikmængder i København. Men på byens mange cykelbroer kan det være både vanskeligt og dyrt at udvide bredden af cykelstien inden for de eksisterende rammer.



Figur 1 - Foto af Bryggebroen.

Københavns Kommune er blevet opmærksomme på gennem borgerhenvendelser og ulykkesregistrering i Vejman (Vejdirektoratet, 2024), at der sker kollisioner mellem cyklister på Bryggebroen. Ulykkerne sker typisk i morgenmyldretiden, hvor trafikken på broen er tæt. I forbindelse med en midlertidig fjernelse af midtlinjen under vedligehold af broen, ønsker kommunen at undersøge om midtlinjens tilstedeværelse potentielt kan have indflydelse på hvorvidt der sker ulykker på den smalle dobbeltrettede cykelsti. Kommunen formoder, at midtlinjen fungerer som et fokuspunkt for cyklisterne, hvilket påvirker deres orientering, særligt ift. modkørende. Dette speciale er udarbejdet i samarbejde med Københavns Kommune, og sigter mod at adressere netop dette spørgsmål. Specialets fokus bygger grundlæggende på en antagelse om, at cyklistadfærd på smalle dobbeltrettede cykelstier kan beskrives ved hjælp af to centrale parametre: [1] hvor cyklisterne

placerer sig på cykelstien, og [2] hvad de kigger på. Problemstillingen angribes fra tre forskellige vinkler. Først gennemgås og sammenlignes best practices fra bekendtgørelser og vejregler i forhold til udformning af dobbeltrettede cykelstier. Derefter udføres et forsøg med videoregistreringer på broen, som sammenholdes med en tidligere analyse foretaget af Trafitec i 2015 (Buch & Jensen, 2015) for at vurdere ændringer i cyklisterne placering på Bryggebroen. Til sidst udføres et eye tracking-forsøg for at identificere, hvad cyklisterne fokuserer på, når de cykler på broen.

Den bagvedliggende idé er, at kombinationen af de to metoder kan afsløre potentielle adfærdsdynamikker, som ikke er synlige ved alene at anvende konventionel videoregistrering. Det kan være en fordel for at besvare denne problemstilling, der både involverer komplekse trafikale forhold og er påvirket af den menneskelige adfærd, der styrer vores orientering i trafikken.

1.1 Problemformulering

Bryggebroen er en smal dobbeltrettet cykelsti på 3,2 m, der går over Københavns Havn, og forbinder de travle områder Vesterbro og Islands Brygge. I 2006, da broen blev åbnet, krydsede cirka 3400 cyklister broen hver dag (HDT) (Hammer de Jong, 2023). Det tal forekommer nu i spidstimen alene, og mere end 20.000 cyklister krydser broen hver dag (Københavns Kommune, 2022). Ifølge anbefalinger fra Københavns Kommune anført i Cykelfokus 2024 (Københavns Kommune, 2024), bør en dobbeltrettet cykelsti med Bryggebroens trafikmængder, være minimum 5 m bred (Københavns Kommune, 2022). Baseret på borgerhenvendelser, registrerede ulykker og observeret adfærd på broen, vurderer projektstiller, Københavns Kommune, at de store trafikmængder på den smalle bro udgør et problem i forhold til trængsel og sikkerhed. I den forbindelse har Københavns Kommune præsenteret følgende hypotese om cyklisters adfærd på Bryggebroen:

"Bryggebroen er en for smal dobbeltrettet cykelforbindelse over Københavns Havn. Trafikmængden overstiger langt kapaciteten, og det er Teknik- og Miljøforvaltningens vurdering at opstribningen på midten af broen har betydet, at cyklisterne har været mere fokuseret på at være på den rigtige side af den hvide stribe, end at holde afstand til modkørende. Herved er der sket ulykker, hvor cyklister har snittet hinanden, blevet fanget i stropper fra tasker m.m."

Nødvendigheden af at revidere den nuværende afmærkning på Bryggebroen i København for at forbedre sikkerheden for cyklister fremhæves af den eksisterende situation, hvor broens smalle dobbeltrettede cykelsti og høje trafikmængder resulterer i nærved-ulykker og ulykker. Københavns Kommunes hypotese formoder, at cyklister prioriterer at overholde den hvide midtlinje frem for at opretholde sikker afstand til modkørende, hvilket resulterer i uhensigtsmæssig adfærd blandt cyklisterne. Dette problem lægger op til en undersøgelse af hvorvidt en fjernelse af afmærkningen, kan fremme en mere sikker adfærd blandt de cyklister, der krydser Bryggebroen. Dette leder frem til følgende hovedspørgsmål, der danner rammen for nærværende speciale:

Hvordan har fjernelsen af den hvide midtlinje på Bryggebroen påvirket cyklisterne adfærd?

For at kunne adressere hovedspørgsmålet, identificeres i det følgende en række underspørgsmål, der skal bidrage til besvarelsen.

1. Hvad er eksisterende best practices i forhold til bredde og afmærkning af dobbeltrettede cykelstier i Danmark og andre lande?
2. Hvordan påvirkes cyklisters adfærd på dobbeltrettede cykelstier af parametrene stibredde og afmærkning, og hvilke forskningsmetoder kan anvendes til at studere disse effekter fra en ny vinkel?
3. Er der forskel i cyklisterne's laterale placering på Bryggebroen med og uden midtlinje?
4. Hvordan adskiller cyklisterne's øjenbevægelser sig, når de krydser Bryggebroen i forhold til en lignende dobbeltrettet cykelsti i København, og hvilken indsigt kan det give om deres visuelle opmærksomhed?
5. Hvordan kan erfaringer fra Bryggebroen bidrage til den generelle forståelse af hvordan dobbeltrettede cykelstier bør afmærkes?

2. Litteraturstudie

I dette afsnit præsenteres et litteraturstudie, som har til formål at belyse problemstillingen vedrørende cyklistadfærd på dobbeltrettede cykelstier. Med udgangspunkt i vejregler fra Danmark og udlandet kortlægges anbefalinger og krav til dobbeltrettede cykelstier med henblik på at opnå en generel viden om best practices. Dernæst, baseret på en systematisk gennemgang af eksisterende litteratur, fokuseres på generelle metoder til at analysere cyklistadfærd. Dette inkluderer tidligere studier af cyklisters placering på cykelstier under varierende stibredder og trafikmængder. Den bagvedliggende metode for litteraturstudiet præsenteres i [Appendiks 1](#).

2.1 Vejregler i Danmark og andre lande

I det følgende undersøges det hvilke krav og vejledninger der findes i forskellige lande til bredde og afmærkning af dobbeltrettede cykelstier. Bredden af en dobbeltrettet cykelsti er afgørende for cyklisters komfort og fremkommelighed. Ved at forstå eksisterende krav og anbefalinger, kan Bryggebroen, særligt dens bredde og afmærkning, sættes i kontekst til nationale og internationale standarder. Dette kan bidrage til at vurdere om fjernelsen af midtlinjen på Bryggebroen kan forventes at have en positiv eller negativ effekt på sikkerheden.

Til denne undersøgelse er udvalgt 9 forskellige lande, hvoraf Tyskland, Holland og Storbritannien er valgt med udgangspunkt i artiklen "Løsninger for cykel" (Trafitec, 2013). Disse lande er nogle vi er vant til at sammenligne os med, ligesom nabolandet Norge, der også er blevet inkluderet i litteraturstudiet. Til sidst er tre lande uden for Europa, USA, New Zealand og Australien, udvalgt, for at opnå et bredt internationalt perspektiv på design af cykelinfrastruktur. I konteksten af forskellige landes vejregler henviser brugen af ordet 'bør' til anbefalinger i håndbøgerne.

2.1.1 Danmark (DK)

I Danmark findes en række love og håndbøger, der er relevante, når der kigges på udformningen af dobbeltrettede cykelstier, herunder "Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning" (Holmboe & Thomsen, 2023), "Håndbog: Afmærkning på kørebanen, Længdeafmærkning" (Vejdirektoratet, 2020), "Håndbog: Tværprofiler i byer" (Vejdirektoratet, 2019) m.fl. Håndbøgerne fungerer blot som vejledning, mens bekendtgørelserne lovmæssigt skal efterleves.

Danske dobbeltrettede stier afmærkes normalt med en smal punkteret midtlinje (Q 49) til opdeling af stier. Q49 skal anvendes på dobbeltrettede stier langs vej, mens den i øvrige tilfælde kan udelades. Det er f.eks. tilfældet på en cykelbro, og derfor kan Københavns Kommune tillade sig at undvære afmærkningen på Bryggebroen, hvis det viser sig at være fordelagtigt. (Holmboe & Thomsen, 2023; Vejdirektoratet, 2020).

I "Håndbog: Tværprofiler i byer" (Vejdirektoratet, 2019) angives vejledende minimumsbredder for dobbeltrettede cykelstier til at være 2,5 m. Dog er det angivet til brug under 'snævre' forhold. Ved store mængder cykeltrafik, anbefales at cykelstierne dimensioneres ud fra kapacitetshensyn. Disse kapacitetshensyn er beskrevet i "Håndbog: Grundlag for udformning af trafikarealer" (Vejdirektoratet, 2023a). Her fastslås kapaciteten på en 2 m bred cykelsti til at være 3.000 cyklister pr. time. For hver meter i tillæg til de 2 meter, regnes der med yderligere 500 cyklister pr. time. Dette kan med fordel ses i perspektiv af de cirka 3.000 cyklister der i spidstimen krydser den 3,2 m brede Bryggebro (Københavns Kommune, 2022). I denne håndbog angives det

desuden, at dimensionering af cykelstier ikke alene bør hvile på et kapacitetshensyn, men også bør tage udgangspunkt i sikkerhed, tryghed, komfort og fremkommelighed.

2.1.2 Storbritannien (GB)

I Storbritannien benyttes "Cycle Infrastructure Design" (Great Britain. Department for Transport., 2020) som manual til design af cykelinfrastruktur, og fungerer som vejledning til lokale myndigheder. Heri findes en tabel, der angiver ønskelige minimumsbredder samt absolutte minimumsbredder for forskellige typer af cykelstier ved forskellige spidstimebelastninger. De absolutte minimumsværdier bør kun benyttes, hvor der er en fysisk begrænsning på en eksisterende vej. Derudover anbefales at der tages hensyn til potentielt tab af effektiv bredde på grund af vertikale begrænsninger. Alt efter højden på de vertikale begrænsninger bør der tillægges ekstra bredde til cykelstien, således den effektive bredde kan tilvejebringes. I [Tabel 1](#) ses en oversigt over anbefalede bredder for dobbeltrettede cykelstier inkl. breddetillæg ved forskellige højder af vertikale begrænsninger langs cykelstien.

Tabel 1 – Bredde af dobbeltrettet cykelsti ved forskellige flows inkl. breddetillæg ved forskellige vertikale begrænsninger (Great Britain. Department for Transport., 2020).

Type	Spidstimebelastning (cyklister)	Ønskelig minimumsbredde	Absolut minimumsbredde ved begrænsninger
Dobbeltrettet cykelsti (Protected space for cycling)	<300	3,0 m	2,0 m
	300-1000	3,0 m	2,5 m
	>1000	4,0 m	3,0 m
Vertikal begrænsning	Ekstra bredde krævet for at opretholde den effektive bredde		
<60 mm	Ingen ekstra bredde krævet		
61-150 mm	0,20 m		
151-600 mm	0,25 m		
>600 mm	0,50 m		

Det fremgår af [Tabel 1](#) at den ønskelige minimumsbredde for en dobbeltrettet cykelsti er 3,0-4,0 m afhængigt af spidstimebelastningen, mens den absolutte minimumsbredde ved begrænsninger er 2,0–3,0 m, ligeledes afhængigt af spidstimebelastningen. Ved vertikale begrænsninger over 600 mm kræves 500 mm ekstra for at opretholde den effektive bredde.

På dobbeltrettede stier i Storbritannien benyttes *diagram 1008* til afmærkning af centerlinjen, som er en punkteret linje, der er 50 mm bred. Linjen tillader cyklister at overhale hinanden ved brug af den modsatte bane. Udover midtlinjen benyttes cykelsymboler (*diagram 1057*) med regelmæssige intervaller i begge retninger på en dobbeltrettet cykelsti. (Det Britiske Parlament, 2016; Great Britain. Department for Transport., 2020)

2.1.3 Nederlandene (NL)

I Holland findes "Design manual for bicycle traffic (CROW, 2016)", som udstikker retningslinjer for design af cykelinfrastruktur. Udover manualen, udgives notater løbende, som supplement på baggrund af nyere forskning. Veroude et al. (2022a) og Wolters et al. (2022) angiver anbefalinger til henholdsvis bredde og afmærkning af cykelstier.

Bredden af cykelstier bestemmes ud fra to hovedprincipper, der omhandler minimal bredde og maksimalt antal ukomfortable og farlige møder. Det første af de to principper referer til den bredde, der mindst kræves for at to cyklister kan cykle side om side. Det andet princip henviser til det maksimale antal ukomfortable og farlige møder en cyklist kan møde på cykelstien, som f.eks. overhalingsmanøvrer og interaktioner med øvrige cyklister. Med henblik på at sikre komfort og sikkerhed, bestemmes den endelige bredde ud fra fem kriterier: (1) hindringsfri zone, (2) højdeforskel, (3) fodgængerbrug, (4) interaktion med andre brugere og (5) krav til "Topsegmentet". En uddybende beskrivelse af disse parametre kan findes i [Appendiks 2](#). (Veroude et al., 2022b)

Til bestemmelse af bredden af en cykelsti, er der blevet udviklet et værktøj, der blev til på baggrund af en række omfattende undersøgelser af 15 forskellige cykelstiers bredder og cyklisterne oplevelse af at køre på cykelstierne (Veroude et al., 2022b). Forskningen er blevet benyttet til at lave et sammenhængende system eller værktøj til bestemmelse af den ønskede bredde. Med breddeværktøjet kan vejmyndighederne relativt nemt afgøre, hvilken karakter en cykelsti skal have. I almindelige situationer anbefales det at benytte de generelle anbefalinger for bredder af dobbeltrettede cykelstier som er angivet i [Tabel 2](#). For øvrige situationer tilbydes mere avancerede beregninger i værktøjet. Dette kan f.eks. benyttes hvis der forekommer høje intensiteter, store hastighedsforskelle, mange brede køretøjer eller en høj andel af cyklister, der kører side om side.

Tabel 2 - Anbefalet bredde af dobbeltrettet cykelsti i Holland på baggrund af spidstimetrafik og procentdel knallertkørere (max. hastighed = 30 km/h). Gule felter angiver minimumsbredder for supercykelstier (Veroude et al., 2022b).

Spidstimetrafik	Andel af knallerter/lette knallertkørere		
	0 %	4 %	8 %
< 75	2,3 m	2,6 m	2,7 m
75 – 150	2,7 m	2,7 m	3,5 m
150 – 250	2,7 m	3,6 m	3,6 m
250 – 350	2,7 m	3,6 m	3,6 m
350 – 500	3,5 m	3,6 m	4,0 m
500 – 700	3,5 m	4,4 m	4,7 m
700 – 900	3,5 m	4,8 m	5,2 m
> 900	3,8 m	5,2 m	> 5,5 m

I Holland kan dobbeltrettede cykelstier afmærkes på forskellig vis, enten med én brudt linje eller to brudte linjer. To brudte linjer sikrer mere afstand mellem mødende cyklister, men må kun benyttes på brede dobbeltrettede cykelstier ($\geq 4,5$ m). Benyttes en enkelt brudt linje, kan der vælges mellem to forskellige typer, nemlig 30-270 (30 cm lang og 270 cm mellemrum) og 100-200 (100 cm lang og 200 cm mellemrum), hvoraf sidstnævnte har en stærkere vejledende effekt for cyklisterne. Dog kan denne type medvirke til at cyklisterne kører tættere på hinanden. (Wolters et al., 2022)

2.1.4 Tyskland (DE)

I Tyskland angiver "Empfehlungen für Radverkehrsanlagen" anbefalinger til stibredder ud fra mængden af trafikanter. Ved lav trafik anbefales en bredde på 2,5 m, mens der anbefales 3,0 m ved større trafikmængder. Bredden skal sikre, at cyklister har mulighed for at mødes i tilstrækkelig afstand. (Straßenentwurf, 2010)

2.1.5 New Zealand (NZ)

NZ Transport Agency (2024) udsteder vejledninger til udformning af cykelstier. 'Separated cycleways' eller separate cykelstier forstås som cykelstier, der kun må benyttes af cyklister og er separeret fra motorkøretøjer. De anses ikke for at være en del af vejnettet ('roadway'). Generelt er der ikke meget lovgivning vedrørende cykelstier i New Zealand, men der henvises til en lang række designmanualer fra ind- og udland.

New Zealand Transport Agency har udstukket nogle vejledende bredder for separate dobbeltrettede cykelstier afhængigt af spidstimebelastningen. Disse fremgår af [Tabel 3](#).

Tabel 3 - Vejledende bredder for dobbeltrettede cykelstier i New Zealand (NZ Transport Agency 2024).

Cyklister i spidstimen	Ideelt minimum	Tåleligt minimum	Absolut minimum
< 150	3,0 m	2,5 m	2,3 m
150-500	3,5 m	3,0 m	2,5 m
> 500	4,0 m	3,5 m	3,0 m

2.1.6 Australien (AU)

I Australien udgiver Austroads (2024), som er en sammenslutning af de australske og newzealandske transportministerier, guidelines og forskning i design af veje og stier. "Guide to Road Design" angiver vejledende bredder for separate dobbeltrettede cykelstier. Ifølge Aumann et al. (2021) bør en dobbeltrettet cykelsti minimum være 2,0 m, mens typisk maksimum er 3,0 m. Udover anbefalinger til bredder, angiver Aumann et al. (2021) desuden, at det bør overvejes at etablere en midtlinje på alle dobbeltrettede stier, hvor afstanden mellem de modsatrettede strømme er minimal. Dette for at sikre vejledning og sikkerhed.

2.1.7 USA (US)

I USA benyttes "Urban Bikeway Design Guide", der blandt andet indeholder anbefalinger til bredder af dobbeltrettede cykelstier samt afmærkning af disse. Den ønskede bredde af en dobbeltrettet cykelsti er 12 fod svarende til 3,65 m, mens minimum er 8 fod, svarende til 2,44 m, som dog kun benyttes under begrænsede forhold. En gul brudt linje skal bruges til at adskille trafikken på en dobbeltrettet cykelsti. Anbefalingerne fra National Association of City Transportation Officials bygger på guidelines fra andre lande som fx Holland og Storbritannien, og der refereres derfor til disse i guiden. (National Association of City Transportation Officials, 2024)

2.1.8 Norge (NO)

Samferdselsdepartementet er et norsk ministerium, der bl.a. har ansvar for love vedrørende trafik og veje i Norge. Statens vegvesen har på baggrund af Samferdselsdepartementets forskrifter udgivet en række regelværker, der udstikker anbefalinger til bl.a. bredde af cykelstier og afmærkning af disse. (Statens vegvesen, 2023)

”N100 Veg- og gateutforming” (Statens vegvesen, 2023) angiver krav til bredder af dobbeltrettede cykelstier (NO: cykelveg). Krav er i vejreglen angivet med ”skal”, mens anbefalinger er angivet med ”kan”. Kravene kan ikke fraviges uden accept fra relevant myndighed. Tabel 4 viser en tabel med krav til bredder af cykel- og gangstier ud fra trafikmængden. (Statens vegvesen, 2023)

Tabel 4 - Krav til bredde af dobbeltrettede cykelstier samt fællesstier ifølge N100 Veg- og gateutforming (Statens vegvesen, 2023).

Cyklende per time		Gående per time		
		< 15	15-100	100-200
< 15	Gang- og cykelsti = 2,5 m	Gang- og cykelsti = 3,0 m		
15-300	Gang- og cykelsti = 3,0 m	Cykelsti = 2,5 m Fortov = 1,5 m		Cykelsti = 2,5 m Fortov = 2,0 m
300-1500	Cykelsti = 3,0 m Fortov = 1,5 m	Cykelsti = 3,0 m Fortov = 2,0 m		
>1500	Cykelsti = 4,0 m Fortov = 1,5 m	Cykelsti = 4,0 m Fortov = 2,0 m		Cykelsti = 4,0 m Fortov = 2,5 m

Tabel 4 viser at cyklister og fodgængere skal adskilles ved større trafikmængder, mens de ved mindre trafikmængder skal færdes sammen. Ved 300-1500 cyklister pr. time skal den dobbeltrettede cykelsti være 3,0 m, mens den ved mere end 1500 cyklister pr. time skal være 4,0 m. I tillæg til disse bredder angives det, at en separat bro for gang- og cykeltrafik skal have en bredde på minimum 3,0 m. (Statens vegvesen, 2023)

I Norge angiver ”N302 Vegoppmerking” (Statens vegvesen, 2021) bl.a. regler for afmærkning af dobbeltrettede cykelstier. Ifølge N302, kan dobbeltrettede cykelstier afmærkes med en midtlinje for at adskille de to kørselsretninger. Denne linje skal være gul og afmærkes som en varslingslinje med en 0,75 m lang stribe med 0,25 m mellemrum og være 0,1 m bred. Midtlinjen må kun benyttes på cykelstier bredere end 2,5 m. (Statens vegvesen, 2021)

2.1.9 Sammenligning af forskellige landes anbefalinger og krav

Danmark samt de øvrige lande medtaget i litteraturstudiet er kommet frem til forskellige anbefalinger til bredder af dobbeltrettede cykelstier. Nogle på baggrund af spidstimetrafik og andre på baggrund af flere forskellige hensyn til komfort og sikkerhed.

Tabel 5 giver et overblik over de forskellige landes anbefalinger til stibredde ved cykeltrafikmængder, som dem der ses på Bryggebroen. Det skal bemærkes at den højeste nationale vejledning der angives som breddeanbefaling for cykelstier er en spidstimebelastning >1500, svarende til halvdelen af den nuværende belastning på Bryggebroen.

Tabel 5 - Vejledende bredder for dobbeltrettede cykelstier i forskellige lande.

Land	DK	GB	NL	DE	NZ	AU	US	NO
Anbefalet bredde ved ca. 3000 cyklister*	2,5 m	4,0 m + 2·0,5 m	3,8 m + 2·0,25 m	3,0 m	4,0 m	3,0 m	3,65 m	4,0 m

* Typisk operer de forskellige lande ikke med cyklistmængder i dette omfang, men har >1000, >900, >500, >1500 som den øverste kategori og enkelte lande angiver blot en minimumsanbefaling, der ikke er baseret på trafikmængder.

Det fremgår af Tabel 5, at der er stor variation mellem anbefalingerne til en dobbeltrettet cykelsti med cirka 3000 cyklister/time. England bidrager med den højeste anbefaling på 5,0 m, efterfulgt af Holland med 4,3 m. Anbefalingerne i Danmark er en vejledende minimumsbredde og tager derfor ikke højde for store trafikmængder, som dem der forekommer på Bryggebroen.

I Holland benyttes et omfattende værktøj til bestemmelse af cykelstibredder, mens lande som Danmark, New Zealand og U.S.A. blot benytter nogle mere generelle anbefalinger til bredder. Alle lande baserer deres anbefalinger på noget forskelligt, men generelt set er de fleste lande enige om, at trafikintensiteten spiller en rolle ift. sikkerhed og komfort, når der vælges cykelstibredder.

De forskellige lande har forskellige anbefalinger til bredder, men også til afmærkning. I Danmark anbefales en hvid stiptet linje til opdeling af dobbeltrettede cykelstier, ligesom i Storbritannien. I Holland kan der vælges mellem to forskellige typer, én med en kort stribe og et langt mellemrum (30-270) og én med en lidt længere stribe og et lidt kortere mellemrum (100-200). Her angiver de, at den sidstnævnte stribe har en mere vejledende effekt, som kan medvirke til at cyklisterne cykler tættere på hinanden. I Australien anbefales at benytte en midtlinje på alle dobbeltrettede cykelstier, hvor afstanden mellem de modsatrettede strømme er minimal, for at sikre vejledning og sikkerhed. Dermed anbefaler de ikke, at fjerne afmærkningen på en smal dobbeltrettet cykelsti. Ifølge norske standarder kan dobbeltrettede cykelstier afmærkes med en midtlinje for at adskille de to kørselsretninger, men en midtlinje må kun benyttes på stier der er bredere end 2,5 m, hvilket er lige omvendt af anbefalinger fra Australien. Midtlinjen skal være gul i Norge, ligesom det også er tilfældet i USA. Her er der dog krav til at afmærke en dobbeltrettet cykelsti med en midtlinje.

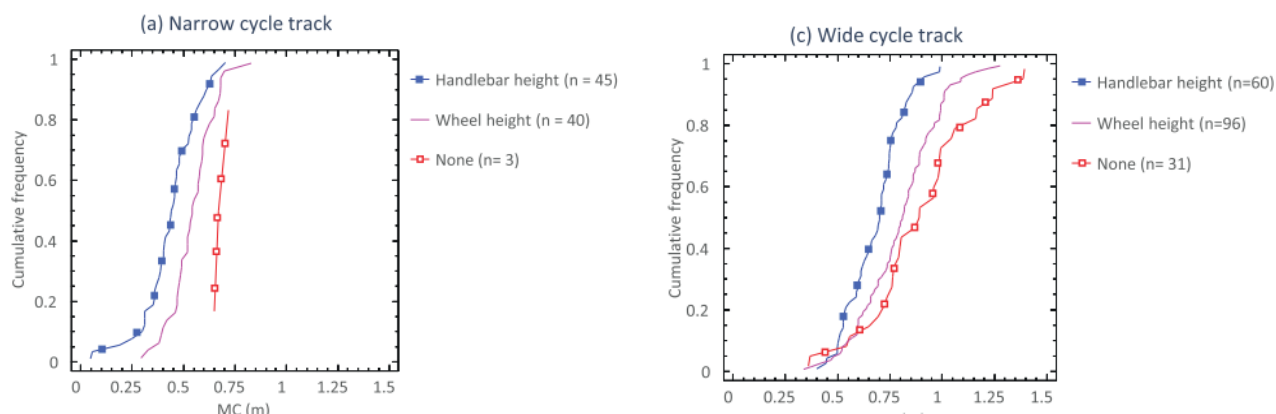
Dette litteraturstudie viser at der er mange forskellige anbefalinger til afmærkning af dobbeltrettede cykelstier, men også til bredden. Der er et hul i de nationale vejledninger med hensyn til breddeanbefalinger for cykelstier med meget høj belastning (3000 cyklister i spidstimen). Ikke desto mindre er bredden på nogle cykelstier, f.eks. på cykelbroer, en parameter, der er svær at ændre, efter at broen er bygget. De følgende afsnit vil undersøge potentielle måder at forbedre sikkerheden for cyklister på dobbeltrettede cykelstier inden for stiens fysiske begrænsninger.

2.2 Cyklisters placering ved forskellige stibredder og trafikmængder

Landende, undersøgt i afsnit 2.1, kommer med en række vejledende minimumsbredder til dobbeltrettede cykelstier. Mange af disse anbefalinger er umiddelbart ikke udarbejdet på baggrund af videnskabelig forskning, bortset fra Hollands anbefalinger, der udspringer af 15 forskellige forsøg. Garcia et al. (2015) undersøgte mødemanøvrer på separate dobbeltrettede cykelstier med varierende bredde (1,3-2,15 m) gennem en instrumenteret cykel (kamera, laser, GPS). Målet med eksperimentet var at indsamle data omkring de mødemanøvrer, som cyklisten var involveret i ved forskellige stibredder og forskellige vertikale barrierer. Studiet fandt, at cyklisterne cyklede tættere på centerlinjen på de smalle strækninger, mens de holdt længere til højre på de

brede strækninger. Derudover påvirkede vertikale barrierer cyklisterne placering på den dobbeltrettede cykelsti. Ved høje barrierer kørte cyklisterne ligeledes tættere på centerlinjen.

Effekten af stibredde og vertikale barrierer var signifikant med et 95 % konfidensniveau. Mødeafstanden (meeting clearance) mellem to cyklister på den dobbeltrettede cykelsti blev mindsket ved mere snævre cykelstier og ved høje vertikale barrierer, som det fremgår af Figur 2.



Figur 2 - Mødeafstand (meeting clearance) for hhv. "bred" og "smal" dobbeltrettet cykelsti ved forskellige vertikale barrierer (Garcia et al., 2015).

Figur 2 viser tydeligt en ændring i mødeafstand (meeting clearance) i forhold til bredde, men også i forhold til vertikale barrierer ved siden af cykelstien. Udover mødeafstand, undersøgte Garcia et al. (2015) også hvilke undvigemanøvre og hvor mange der blev benyttet ved møde med andre cyklister. Her fandt de, at et betydeligt antal af cyklisterne ingen undvigemanøvre foretog sig, dog skiftede over halvdelen af cyklisterne placering uden at stoppe med at træde i pedalerne eller bremse. Den eneste variabel, der påvirkede antallet af handlinger cyklisterne foretog, var bredden på cykelstien.

Garcia et al. (2015) undersøgte cyklisterne placering og undvigemanøvre ved forskellige stibredder på 1,3-2,15 m, som er langt smallere end de fleste dobbeltrettede cykelstier i Danmark. Det må derfor formodes at cyklistadfærden i Danmark kan være anderledes end den i Valencia, Spanien. Derudover påpeges det at mængden af cyklister på cykelstierne muligvis også vil have en effekt på resultaterne. Studiet antyder at dobbeltrettede cykelstier bør gives et breddetillæg ved vertikale barrierer langs cykelstien, særligt hvis de overstiger cykelstyrets højde.

Schepers et al. (2023) undersøgte forholdet mellem cykelstibredde og placering af cyklister til brug som guideline for minimal cykelstibredde for at kunne opretholde sikker cykling. Selve forsøget, der gik ud på at registrere cyklisterne placering ved forskellige simulerede stibredder og ved møde med en simuleret cyklist, blev sammenlignet med eksisterende studier fra 2010 og frem, for at sikre validiteten af forsøget.

Schepers et al. (2023) fandt at forsøgspersonerne placerede sig lidt længere væk fra kanten ved øget bredde, mens de placerede sig tættere på kanten, når de mødte modkørende cyklister. Ifølge Schepers et al. (2023) underbyggede eksisterende studier fra 2010 og frem dette, og viste bl.a. at cyklister kører 30 % tættere på kanten ved møde med en cyklist, der kører i modsat retning. Forsøget viste lignende resultater, hvor cyklisterne kørte cirka 20 % tættere på kanten ved møde med en modkørende cyklist. Schepers et al. (2023) henviser til den simulerede modkørende cyklist, i form af en parkeret cykel på cykelstien, som værende årsag

til at cyklisterne kørte mindre tæt på kanten, da denne er mere forudsigelig end en egentlig modkørende cyklist.

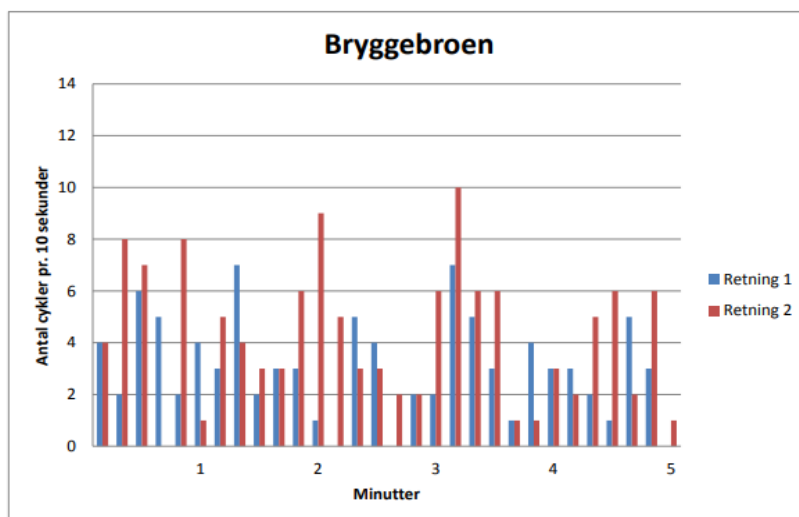
Khan & Raksuntorn (2001) undersøgte møde- og overhalingsmanøvrer for cyklister på separate cykelstier, og fandt bl.a. at afstanden til kanten af cykelstien bliver mindre ved overhalingsmanøvrer end den er i gennemsnit for cyklisterne. Khan & Raksuntorn (2001) formoder desuden, at der er en direkte sammenhæng mellem bredden af cykelstien og den maksimale laterale afstand under overhaling, selvom dette ikke blev undersøgt i studiet. I studiet blev blot én cykelsti med bredden 3,0 m undersøgt. I forlængelse af dette, regner Khan & Raksuntorn (2001) også med, at der er en sammenhæng mellem bredden af cykelstien og lateral afstand ved møde mellem to cyklister. Studiet fandt at cyklister, der kører side om side, holder mindre afstand til hinanden end to mødende cyklister eller ved overhaling.

2.3 Trafitec: Observationer af cyklisters placering og flow

I det følgende præsenteres en undersøgelse udarbejdet af Trafitec i 2015. Denne præsenteres med en høj detaljegrade, da den udgør sammenligningsgrundlaget for den senere videoanalyse. Når der skrives "(Buch & Jensen, 2015)" refereres der til Trafitecs undersøgelse, og ligeledes refereres der til Buch & Jensen (2015), når der i det efterfølgende skrives Trafitec.

Buch & Jensen (2015) undersøgte cyklisters placering og flow på 6 forskellige dobbeltrettede cykelstier i København, herunder Bryggebroen. Cykelstierne varierede i bredde fra 1,9 m til 4,0 m, og havde desuden en variende trafikintensitet i myldretiden på mellem 900 og 2100 cyklister pr. time. Studiet er fra juni 2015, hvorfor trafikintensiteterne på cykelstierne sandsynligvis er højere i dag.

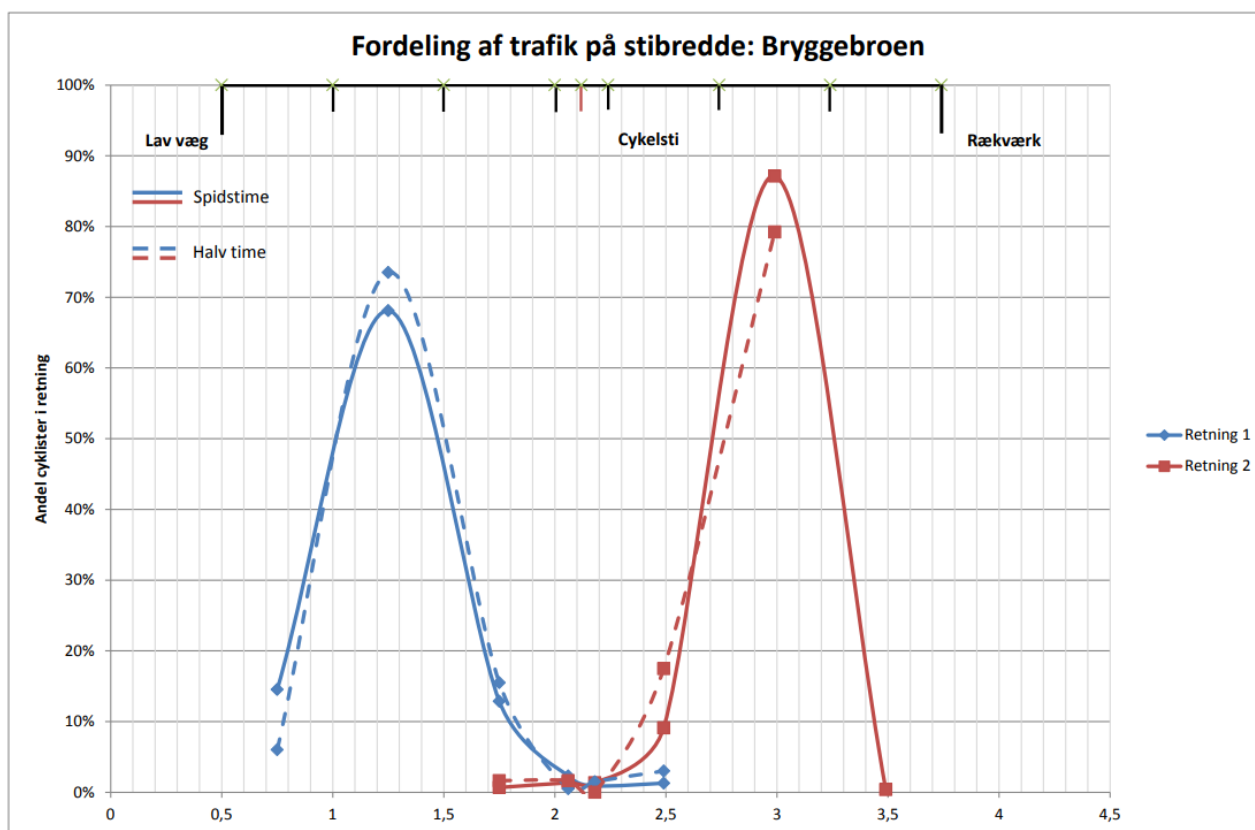
Ifølge Buch & Jensen (2015) cykler mere end 2000 cyklister over Bryggebroen i spidstimen med en nogenlunde jævn fordeling mellem de to retninger, som det fremgår af Figur 3. Desuden benytter langt størstedelen af cyklisterne almindelige cykler dvs. cykler uden anhænger eller lad. Generelt udgør de almindelige cykler omkring 98 % af alle cykler. På baggrund af dette, er der i forsøget ikke undersøgt placering og flow mere specifikt for ladcykler og cykler med anhænger.



Figur 3 - Cyklisters ankomst ved 5 minutter interval på Bryggebroen fordelt på to retninger med max-flow (Buch & Jensen, 2015).

Bryggebroen er en cykel- og gangbro, hvor de to arealer er adskilt af en lav væg. På den ene side af den 3,2 m brede cykelsti findes et rækværk, som hælder ind over cykelstien. Det betyder, at den effektive bredde af cykelstien reelt er mindre.

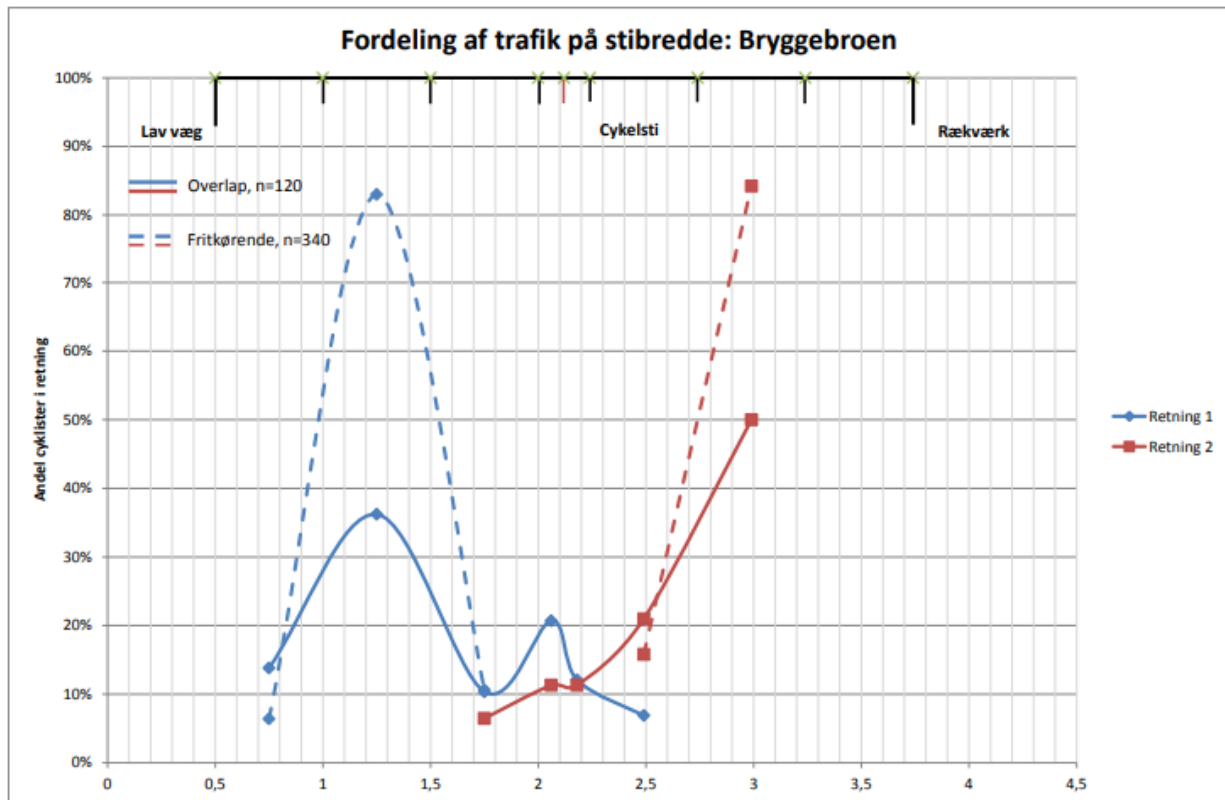
Buch & Jensen (2015) viser cyklisterne sideværts placering på Bryggebroen og er opgjort for spidstimen og udenfor spidstimen, og generelt er placeringen nogenlunde det samme. Cyklisterne sideværtsplacering på Bryggebroen kan ses på [Figur 4](#).



Figur 4 - Cyklister sideværts placering på Bryggebroen i og udenfor spidstimen (Buch & Jensen, 2015).

Cyklisterne på Bryggebroen placerer sig primært 0,5-1,0 m fra den højre stikant, dog mest udtalt i den side, hvor rækværket skråner ind over cykelstien og mindsker den effektive bredde. Buch & Jensen (2015) nævner, at placeringen muligvis havde været anderledes, hvis afgrænsningen havde været anderledes og ikke blev udgjort af et højt rækværk på den ene side og en lav væg på den anden side. Som det fremgår af [Figur 4](#), krydser ganske få cyklister stimidten.

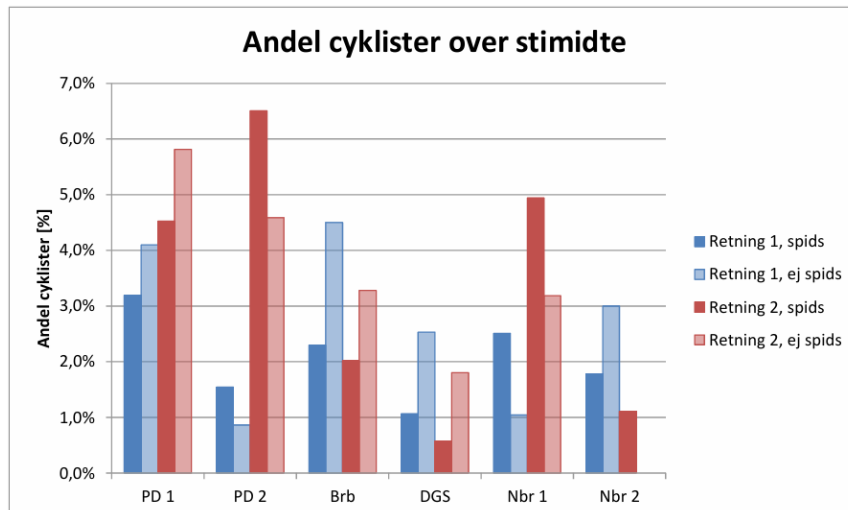
Buch & Jensen (2015) undersøgte også hvordan cyklister, der kører i samme retning, placerer sig. Dvs. cyklister under overhaling og cyklister der kører side om side. Disse er sammenlignet med fritkørende cyklister og fremgår af [Figur 5](#).



Figur 5 - Cyklisteres sideværts placering ved overlap og fritkørende fordelt på retning (Buch & Jensen, 2015).

Ved overlap overskred omkring 18 % af cyklisterne midterstriben på trods af, at stien er forholdsvis smal. Ved overlap kører den højre cyklist blot lidt tættere på den højre kant end gennemsnittet af cyklisterne. Det fremgår af Figur 5, at der i retning mod Amager (= Retning 2) ikke er to veldefinerede spor ved overlap, mens dette ses i retning mod Vesterbro (= Retning 1). Ses der på de fritkørende for begge retninger, så placerer de sig som gennemsnittet.

Ses der generelt på overskridelse af stimidten for hele undersøgelsen (inkl. de øvrige fem lokaliteter), er det relativt få cyklister, der overskrider midten. På strækninger med brudt midtlinje placerer cyklisterne sig lidt sjældnere til venstre for midten end på de lokaliteter, hvor der ingen midtlinje er. Andelen er lidt under 2 % på stier med midtlinje og lidt over 3 % på stier uden midtlinje. På Figur 6 fremgår andelen af cyklister, der placerer sig til venstre for stimidten for hver af de 6 lokaliteter i og uden for spidstimen.



Figur 6 - Andel cyklister der placerer sig til venstre for stimidten for de 6 undersøgte lokationer (Buch & Jensen, 2015).

Ses der på Bryggebroen ('Brb'), er andelen, der placerer sig til venstre for stimidten, større uden for spidstimen ($> 3\%$). Dette kan der ifølge (Buch & Jensen, 2015) være flere forskellige årsager til, som ikke relaterer sig til selve midterafmærkningen.

Buch & Jensen (2015) har desuden beregnet et max-flow for de 6 strækninger på baggrund af gennemsnittet af tre 10-sekunders intervaller med flest observerede cyklister. Max-flow i intervallerne er opregnet til et max-flow på en time. På baggrund af dette indikeres et max-flow for Bryggebroen på en time til at være 3478 cyklister, hvilket ikke er langt fra mængden af cykeltrafik der passerer Bryggebroen i spidstimen i dag. Desuden nævnes i Trafitec-rapporten (Buch & Jensen, 2015), at det ikke er muligt at vurdere om midtlinjen påvirker kapaciteten af cykelstien. I forlængelse af dette, har Trafitec observeret, at cykeltrafikken virker til at blive afviklet fornuftigt uden større reduktion af hastighed. Dog er det tydeligt at langsomme cyklister påvirker flowet ved overhalinger med hastighedsreduktion til følge, da disse foregår med små sideværtsafstande.

2.4 Eksisterende metoder i litteraturen

I de tre studier, der blev nævnt i det foregående afsnit, benyttedes forskellige metoder til at bestemme cyklisterne placering på cykelstien. I Trafitecs studie blev cyklisterne placering på seks dobbeltrettede cykelstier af forskellig bredde i København undersøgt. På cykelstierne blev intervaller af 50 cm markeret svagt med kridt, for derved gennem video at kunne registrere i hvilket interval cyklisterne forhjul kørte igennem. Dette synes at være en meget simpel metode til registrering af cyklisterne placering sammenlignet med den benyttet af Garcia et al. (2015) der bl.a. benyttede laser, GPS-tracker samt video. Efter registreringerne lavede Buch & Jensen (2015) en samlet figur for hver lokation, der viser cyklisterne fordeling på cykelstierne i spidstimen og i en halv time efter spidstimen. Herved kunne de bl.a. registrere hvor mange procent, der krydsede midtlinjen for hver af de dobbeltrettede cykelstier. Derudover har de for hver lokalitet registreret cyklisterne placering, når der er fritkørende og ved overlap (overhaling eller side-om-side). Udover cyklisterne placering har de desuden forsøgt at beregne max-flow på 1 time, dvs. maksimal observeret belastning på lokaliteterne, for 10 sekunders intervaller og 1 minuts intervaller. Derudover har Trafitec sat resultaterne i relation til serviceniveau. Bl.a. ser de, at overskridelse af stimidten falder ved en bredere cykelsti, og dette sættes i relation til et øget serviceniveau.

Khan & Raksuntorn (2001) benyttede video til registrering af overhalings- og mødemanøvrer samt kørsel side-om-side. To kameraer fangede to forskellige snit af cykelstien på to dage i april 2000. Herfra kunne de udtrække cyklisterne placering. Ud fra skærmkoordinater på kameraerne kunne forfatterne ved hjælp af en koordinat-transformations-teknik 'oversætte' kameraets koordinater til vejkoordinater. Udover de forskellige situationer registreret på cykelstien, registrerede de også cyklisterne hastighed og laterale position på cykelstien. Ved overhaling registrerede de cyklisterne placering før, under og efter manøvreren blev udført. Ved møde mellem 2 cyklister registrerede de cyklisterne placering og hastighed 2 sekunder før de mødes og 2 sekunder efter de mødes.

Khan & Raksuntorns (2001) studie er blot udført for en enkelt cykelsti og kunne med fordel gøres for flere forskellige cykelstier for derved at kunne udføre en slags kontrol af forsøget. Derudover kunne de også have undersøgt møde- og overhalingsmanøvrer samt side om side kørsel ved forskellige cykelstibredde. Metoden til indsamling af data virker desuden mere avanceret end den benyttet af Trafitec.

Supplerende metode

Disse tre studier er eksempler på, hvordan videobaserede metoder kan anvendes til at analysere cyklistadfærd fra et fugleperspektiv. De giver dog ikke indsigt i, hvordan de enkelte cyklister orienterer sig, hvilket potentielt kan påvirke deres adfærd. Derfor kan det være fordelagtigt at kombinere videoanalyse med supplerende metoder. Metoden 'eye tracking' går ud på at følge individets øjenbevægelse og derved få en idé om hvad vedkommende fokuserer på visuelt. Ifølge Carter & Luke (2020), er der ikke blot en sammenhæng mellem hvor vi ser hen og opmærksomhed, men også til hukommelse og beslutningstagning. Mantuano et al. (2017) undersøgte cyklister 'gaze behaviour', altså hvilke elementer som optog cyklisterne opmærksomhed, i Bologna på to dobbeltrettede cykelstier. De konkluderer at eye tracking er et værktøj, der kan bruges til at forstå den visuelle adfærd af cyklister. De peger på, at flere forskellige ting i det omgivende miljø kan blive opfattet som opmærksomhedskrævende, og at disse elementer kan udgøre en distraktion og desuden en risiko for cyklisterne. 16 forsøg blev udført i Bologna, hvor blikdata blev optaget af eye tracking briller, hvorefter de analyserede hvilke visuelle informationer, der blev opfanget af forsøgspersonerne. Her benyttede de fikseringsdetektion samt frame-by-frame-analyse, hvoraf de beregnede antal og varighed af deltagerne fikseringer over forskellige 'areas of interest' (AOI) eller på dansk, områder af interesse. Andelen af tid, hvor cyklisterne kiggede på forskellige elementer og hvor længe de gjorde det, blev brugt som en metode til at vurdere deltagerne visuelle 'work-load'. Disse observationer blev brugt til at sammenligne, hvad der tiltrak deres opmærksomhed mest, ved at se på hvor hyppigt de benyttede forskellige områder af deres synsfelt.

3. Metode og Teori

Hovedspørgsmålet besvares ved brug af metoderne videoanalyse og eye tracking. Videoanalyse anvendes til at undersøge hvordan cyklister placerer sig på Bryggebroen. Videooptagelser fra før og efter fjernelsen af midtlinjen sammenlignes for at observere ændringer i cyklisternes placering og adfærd på broens dobbeltrettede cykelsti. Det giver en konkret metode til at analysere, hvordan fysiske ændringer i cykelinfrastrukturen påvirker cyklisternes adfærd. Som supplement kan eye tracking afsløre, hvor cyklisterne fokuserer, mens de kører over broen. Det kan give indsigt i, hvordan fraværet af en midtlinje potentielt kan ændre cyklisters opmærksomhedsfokus og navigering på en smal dobbeltrettet cykelsti. I det følgende beskrives metode og teori relevant for de to forsøg.

3.1 Videoobservationer

Til at besvare hovedspørgsmålet undersøges det hvorvidt der er forskel på cyklisternes laterale placering på Bryggebroen med og uden midtlinje. Som datakilde benyttes videoobservationer af cyklisternes placering på Bryggebroen, og resultaterne sammenlignes med Trafitecs undersøgelse fra 2015 (Buch & Jensen, 2015), beskrevet i [Afsnit 2.3](#). Trafitecs undersøgelse bruges som datakilde, da det ikke har været muligt at frembringe nye videooptagelser, hvor der er en midtlinje på broen.

Som nævnt, er trafikmængden på Bryggebroen steget markant siden broen blev åbnet i 2006. Derfor er det relevant at se på om der er sket en ændring i cyklisters placering på broen siden Trafitec foretog deres undersøgelse i 2015. Dette er særligt interessant ved overhaling og kørsel side-om-side, da det er disse situationer, der kan være farlige, og føre til ulykker. For at kunne sammenligne cyklisternes placering med og uden midtlinje, foretages et forsøg med samme metode og forsøgsdesign som anvendt i Trafitecs undersøgelse. Forsøgsdesign, databehandling og valg af analyser beskrives i det følgende.



Figur 7 - Foto af videoregistreringer.

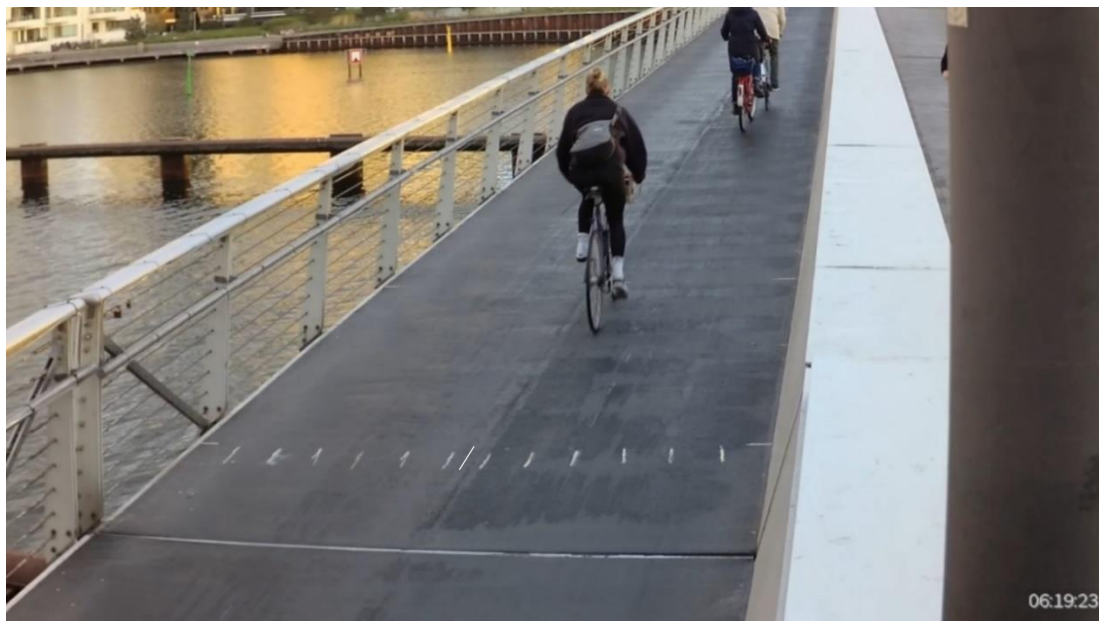
3.1.1 Forsøgsdesign

I dette forsøg blev cyklisternes placering registreret i et snit i 5-minutters intervaller fra 6:20 om morgenen til 10:00 om formiddagen, for at identificere spidstimen, samt en halv time uden for myldretiden. Trafitec foretog deres videoobservationer om morgenen fra 7:45-8:15 samt 8:30-9:00, da trafikken på dette tidspunkt var mere intensiv end i eftermiddagsmyldretiden. Derudover filmede de i tidsrummet 9:30-10:00, svarende til en halv time udenfor myldretiden. Da der er grund til at tro, at trafikmængden er steget siden da, blev det besluttet at filme over en længere periode for at fastslå den nuværende spidstime samt en halv time uden for myldretiden.



Figur 8 – Videoopsætning på Bryggebroen. Kameraet blev monteret på en skiltestander og optog det samme tværsnit af cykelstien fra den samme vinkel som i Trafitecs undersøgelse.

Bryggebroen blev filmet oppefra, fra en skiltestander som vist på [Figur 8](#). Cykelstiens tværsnit blev inddelt i 25 cm intervaller, målt fra stikanten. På grund af den samlede stibredde på 3,2 m var det ikke muligt at opdele stien i 25 cm intervaller, hvorfor de to midterste intervaller blev smallere (10 cm), som det fremgår af [Figur 9](#). I Trafitecs undersøgelse inddelte de cykelstien i 50 cm intervaller, men her er der valgt en finere inddeling, da det derved er nemmere at opfange forskelle mellem myldretiden og udenfor myldretiden.



Figur 9 - Inddeling af Bryggebroen i 25 cm intervaller.

Under observationerne blev det registreret hvilket interval cyklisterne kørte igennem med deres forhjul eller for specialcykler, midten af cyklen. Derudover blev cykelarten registreret, da pladsoptag for de forskellige typer af cykler ikke er ens.

3.1.2 Analyser

For at finde ud af hvilken effekt en midtlinje har på cyklisterne sammenlignes cyklisterne generelle placering med resultaterne fra Trafitecs undersøgelse. Her medtages alle cyklisterne registrerede placeringer, og det undersøges hvorvidt der er en forskel ift. Trafitecs studie. Det undersøges også om der observeres en forskel imellem de to kørselsretninger samt i og uden for myldretiden. Udover dette sammenlignes cyklisterne placering ved overlap og for fritkørende med Trafitecs resultater. Fritkørende defineres som cyklister der har en tidsmæssig afstand på 2 sekunder eller mere til cyklister i begge retninger. Overlap defineres ud fra en vurdering, der tager udgangspunkt i Trafitecs definition om en tidsmæssig afstand på 0,2 sekunder eller mindre til medkørende cyklister, svarende til overhaling eller kørsel side-om-side. Det har dog ikke været muligt at bestemme afstanden så præcist tidsmæssigt, som Trafitec har gjort pga. begrænsninger i software. I disse undersøgelser medtages altså blot et udsnit af alle de registreringer der er gjort i og uden for myldretiden. Cyklisterne placering ved overlap og for fritkørende sammenlignes også med cyklisterne generelle placering, dvs. alle de registrerede cyklister placering, for at se om der er en forskel. Desuden undersøges det, hvor stor en andel af cyklisterne, der overskrider midten af cykelstien ved overlap, og i forlængelse af dette undersøges det, hvor mange procent af alle cyklister der overskrider midtlinjen.

Samlet set kan disse undersøgelser bidrage til at afklare Københavns Kommunes hypotese ved at undersøge, om der er sket en generel ændring i cyklisterne placering på broen over tid. Hvis der er en signifikant ændring i lateral placering, kan det indikere at midtlinjen har en betydning for cyklister adfærd på en smal dobbeltrettet cykelsti. Ligeledes kan registrering af cyklisterne placering ved overlap afdække om midtlinjen har indflydelse på cyklister adfærd under overhalinger og kørsel side-om-side. Et fald i andelen, der krydser midtlinjen, kan støtte hypotesen om at cyklisterne er mere fokuserede på midtlinjen end at holde afstand til modkørende.

3.2 Eye Tracking

Eye tracking bruges til at undersøge hvor cyklisterne opmærksomhed er rettet mens de kører over broen, særligt med fokus på hvordan deres visuelle opmærksomhed påvirker adfærd og interaktion med andre cyklister. Som nævnt, er det Københavns Kommunes hypotese, at cyklister på Bryggebroen er mere fokuserede på at være på den rigtige side af midtlinjen end at holde afstand til modkørende. Denne hypotese kan efterprøves ved at sammenligne forsøgspersonernes visuelle adfærd på Bryggebroen med en lignende dobbeltrettet cykelsti, der har en midtlinje. På den måde kan det testes direkte, om forsøgspersonernes adfærd påvirkes af tilstedeværelsen af en midtlinje.

Som reference benyttes Sortedam Dossering, en dobbeltrettet cykelsti placeret langs søerne i København. [Figur 10](#) viser et billede af cykelstien på Sortedam Dossering, inklusive den del af stien, der bruges som sammenligningsgrundlag. Desuden viser [Figur 13](#) et kort over placering af Bryggebroen hhv. Sortedam Dossering.



Figur 10 - Foto af Sortedam Dossering.

På denne del af strækningen er Sortedam Dossering 3,2 m bred, hvilket svarer til bredden af cykelstien på Bryggebroen. Stibredden var en afgørende faktor i udvælgelsen, og derfor faldt valget på denne dobbeltrettede cykelsti, selvom hverdagsdøgntrafikken er cirka det halve af den på Bryggebroen med en HDT på 11.300 i 2018 (Københavns Kommune, 2018). Eye tracking forsøget er baseret på fire forsøgspersoner, der har kørt en prædefineret rute i København med eye tracking briller. Forsøgsdesignet uddybes i de følgende afsnit.

3.2.1 Eye tracking – Virkemåde

Eye tracking er en teknik, der muliggør registrering og analyse af, hvad en trafikant kigger på, og kan anvendes til at forstå, hvordan forsøgsdeltagere bearbejder informationer under en cykeltur. Trafikanten, eller forsøgspersonen, udstyres med et par briller, hvorpå der sidder et kamera, der optager hvad trafikanten kigger på, samt seks infrarøde lys, der danner et mønster omkring øjnene. Derudover optager fire kameraer øjnene samt mønstrene fra det infrarøde lys, og via algoritmer beregnes øjets position og blikretning. I denne undersøgelse anvendes eye tracking udstyret Tobii Pro Glasses 2 som ses på [Figur 11](#). (Tobii, 2024)



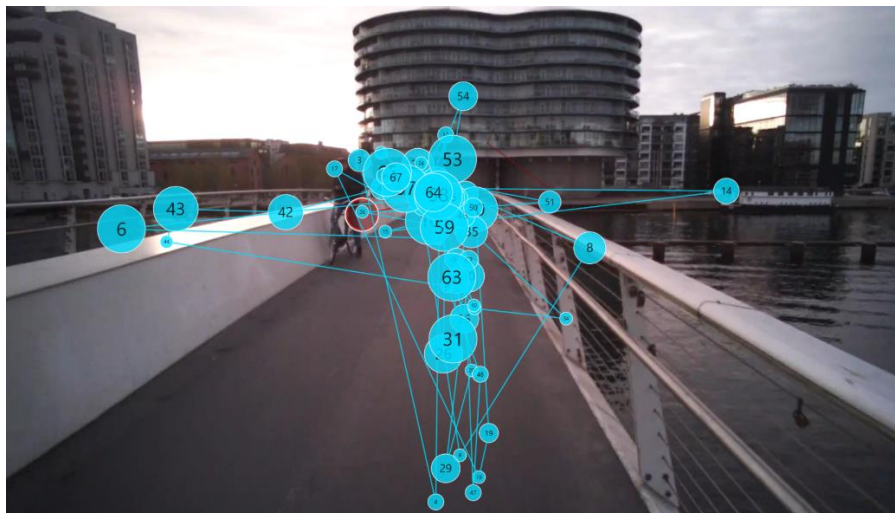
Figur 11 - Eye tracking udstyr anvendt i forsøget – Tobii Pro Glasses 2.

For at kunne forstå eye tracking, er det nødvendigt at forstå de forskellige typer af øjenbevægelser der ligger til grund – særligt saccader og fikseringer. I det menneskelige øje fungerer det centrale område af nethinden, kendt som det foveale område, som nøglepunktet for indsamling af visuel information. Dette område er særligt rigt på tapceller, som er afgørende for at opnå et skarpt og detaljeret syn. Derimod, udgøres de perifere dele af nethinden primært af stavceller, som spiller en vigtig rolle i vores evne til at se i svagt lys. Selvom det foveale område er centralt for vores visuelle oplevelse, tillader diverse øjenbevægelser os at justere vores fokus hurtigt og effektivt mod forskellige punkter af interesse (POI). (Tobii, 2023a)

Fikseringer er øjeblikke hvor øjet holder op med at bevæge sig for at koncentrere sig om et specifikt område. Disse er vigtige for at kunne behandle visuel information mere dybdegående. Under fikseringsperioder, hvor øjet ser ud til at stå stille, foretager det stadig små essentielle justeringer for præcist at indsamle data. Dog anses disse små justeringer som en del af fikseringen. Typisk varer fikseringer mellem 50 til 600 millisekunder og spiller en afgørende rolle i menneskers visuelle forståelse. (Tobii, 2023a)

Saccader er hurtige og oftest ubevidste øjenbevægelser, der flytter vores fokuspunkt til nye områder af interesse (AOI). Disse bevægelser er kendetegnet ved deres hastighed og er de hurtigste bevægelser kroppen kan udføre. Groft sagt, foregår saccaderne mellem fikseringer, hvor de forbinder fokuspunkter (fikseringer) og derved skaber en flydende bevægelse. Samlet set skaber dette vores visuelle opfattelse. På grund af

saccadernes hastighed, er det under fikseringerne, snarere end under saccaderne, at vi hovedsageligt indsamler og behandler visuel information. Det skyldes at hastigheden på saccaderne resulterer i et billede af ringe kvalitet. På [Figur 12](#) ses et billede, hvor cirklerne udgør fikseringer og stregerne imellem udgør saccaderne. (Tobii, 2023a)



Figur 12 - Saccader og fikseringer. Saccader illustreret som tynde streger og fikseringer illustreret som cirkler med talrækkefølge. Størrelsen på cirklen indikerer længden af fikseringen.

Når vi observerer dynamiske scener eller følger objekter i bevægelse, anvender vores visuelle system yderligere bevægelsesstrategier såsom vergens, smooth-pursuit, og den Vestibulo-Okulære Refleks (VOR). Vergens justerer øjnenes position for at sikre et klart syn på forskellige afstande og forhindrer dobbeltsyn. Smooth-pursuit hjælper med at holde vores fokuspunkt på objekter i bevægelse, ofte suppleret af saccader for at indhente hurtigt bevægende objekter. VOR sikrer, at vores syn forbliver stabilt, selv når hovedet og kroppen bevæger sig. Disse bevægelser samarbejder for at skabe en glidende og sammenhængende visuel oplevelse, der kombinerer fokuseret opmærksomhed med en bred bevidsthed om omgivelserne. (Tobii, 2023a)

3.2.2 Analyseparametre

Som nævnt, er eye tracking-metoden afhængig af at kunne følge forsøgspersonens pupiller i høj detaljegrad, hvilket stiller store krav til kalibrering af udstyret. I dette forsøg er forsøgspersoners resultater medtaget hvis trafikantens **gaze samples**, også kaldet **tracking ratio**, er større end 80 %, svarende til at øjenbevægelserne er målt 80 % af tiden. Dette indikerer, at kalibreringen er god, og data kan benyttes til videre analyse. Valg af minimums *tracking ratio* varierer i litteraturen fra forsøg til forsøg og ligger typisk mellem 80 til 90 % (Vansteenkiste, 2015). Hvis en høj minimums tracking ratio vælges, risikeres flere optagelser at blive kasseret end ved en lavere acceptgrænse. Ved en lavere acceptgrænse vil der derimod være flere udfald, hvor forsøgspersonens øjne ikke kan trackes. Det giver en øget risiko for, at data for en bestemt blikretning mangler. Det kan medføre øget bias, da det f.eks. kan få det til at se ud som om, at en forsøgsperson ikke kigger i en bestemt retning, selvom det er tilfældet.

Der vil aldrig kunne opnås et tracking ratio på 100 %, da det ikke er muligt for eye trackeren at indsamle data, når en forsøgsperson f.eks. blinker (Tobii, 2023b). 80 % er valgt som acceptgrænse på baggrund af det ujævne vejr i København samt den specialestuderende begrænsede erfaring med metoden, som potentielt kan påvirke kalibrering og kvalitet af de indsamlede data.

I det følgende listes en række vigtige parametre op, som de er defineret i Tobii Pro Lab, der er den software som anvendes til dataanalysen. Herunder defineres parametrene fiksering og saccader, som er vigtige i den efterfølgende analyse. Disse parametre er vigtige at forstå, for at et forsøgsdesign stemmer overens med de analyser der ønskes udført.

Events eller begivenheder, kan bruges til at markere, hvornår i en optagelse, der sker noget relevant. Events kan enten genereres automatisk eller ved manuel indtastning. Antallet af events eller 'tid til første event', kan udtrækkes som data. Hvis to events markeres som hhv. start og stop, udgør de et interval. (Tobii, 2023c)

Times of interest (TOI), er defineret af intervaller samt events (start og stop), og angiver perioder af optagelserne, der er relevante i en analyse. (Tobii, 2023c)

Area of interest (AOI), angiver et område af en frame, der er interessant at analysere. Disse kan enten være statiske eller dynamiske. Generelt kan måleenhederne i Tobii Pro Lab enten være afhængige eller uafhængige af AOI. (Tobii, 2023c)

Fixations eller fikseringer, er en sekvens af rå blikpunkter hvor øjet ikke bevæger sig ret meget og den estimerede hastighed er under grænseværdien fastsat i Tobii Pro Labs I-VT Attention Filter. Fikseringerne beskrives i Tobii Pro Lab som et sæt rumlige koordinater og kan beskrives ved antal, længde, tid til første fiksering (fra intervalstart til fiksering indenfor AOI), første fiksering (indenfor AOI), hel fiksering (indenfor TOI) samt partiel fiksering (delvist indenfor TOI). (Tobii, 2023c)

Saccades eller saccader, er en sekvens af rå blikpunkter, hvor hastigheden af øjenbevægelserne er over hastighedsgrænsen fastsat i Tobii Pro Lab. For at opsummere, betyder det, at hvis hastigheden er over grænseværdien, så betragtes det som en saccade, mens det betragtes som en fiksering, hvis hastigheden er under den fastsatte grænseværdi. Enheden er grader pr. sekund, og standardværdien i Tobii Pro Lab er 30 grader pr. sekund. Saccader kan beskrives på mange måder, herunder ved antal, hastighed og retning samt hvorvidt de er indenfor et AOI. (Tobii, 2023c)

Fikseringer inkluderes altid i Tobii Pro Lab, også selvom de kun delvist er indenfor TOI eller AOI (partielle), mens saccader kun inkluderes, når de er hele. Dvs. at partielle saccader indenfor et TOI ikke medtages, hvilket skyldes at partielle saccader kun indeholder meget lidt information og kan give et misvisende billede grundet den ukomplette information. Hvis f.eks. maksimum hastighed sker udenfor TOI, men saccaden er delvist indenfor TOI, så er det ikke sikkert, at det giver mening at medtage denne saccade i beregningerne. Det samme gælder for amplituden, da dele af denne beskæres, så amplituden ser ud til at være 8 grader i stedet for f.eks. 20 grader. (Tobii, 2023c)

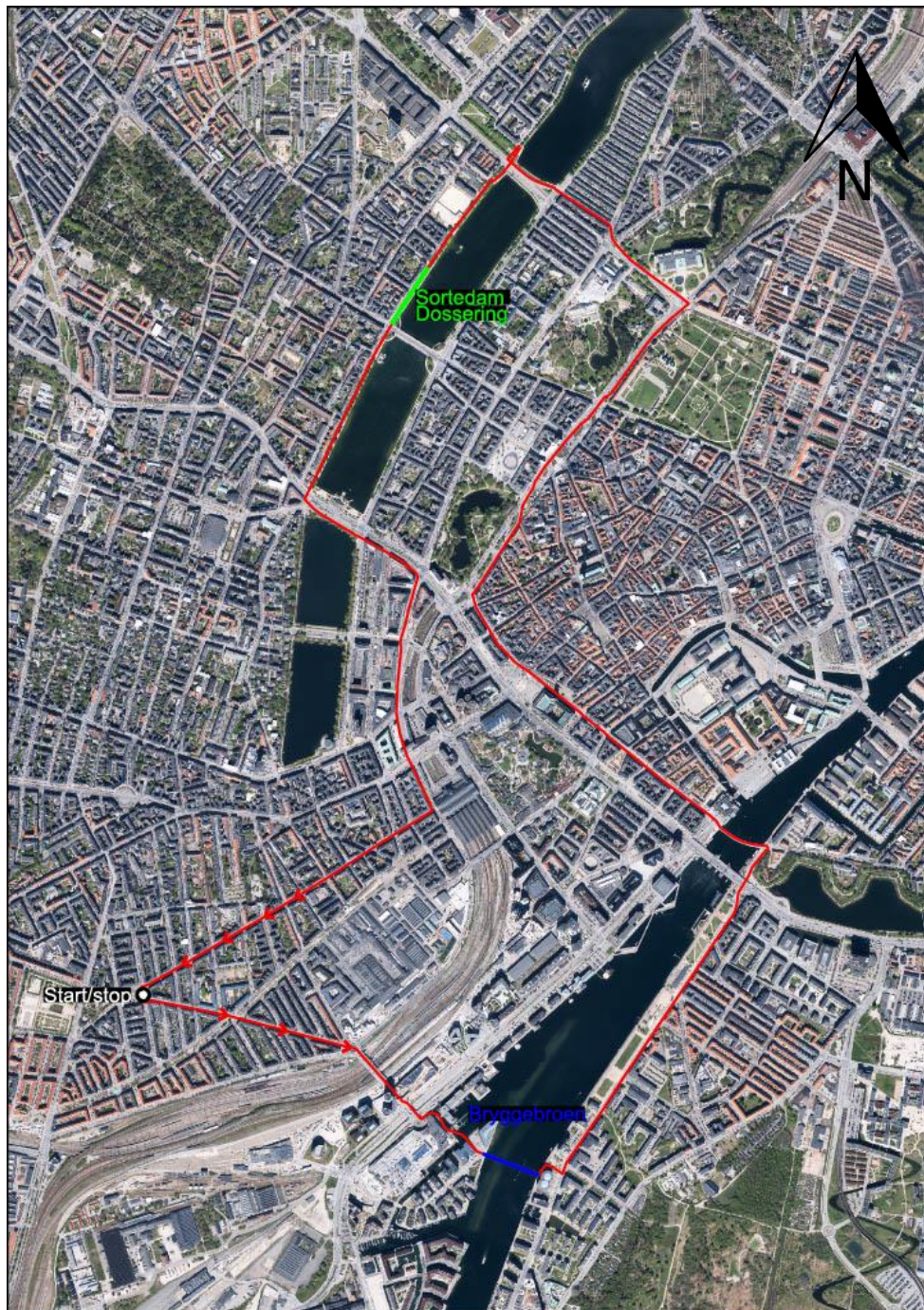
Eye tracking gør det muligt at fastslå blikallokeringen under bevægelse. Blikpositionen registreres og lægges ovenpå videomaterialet illustreret ved en rød cirkel, der detekterer cyklisterne fikseringer imens de cykler. Estimering af fikseringsfordeling og varighed på tværs af forskellige AOI gør det muligt at analysere, hvilken visuel information der detekteres under cykling, hvilke elementer der tiltrækker cyklisterne opmærksomhed og i hvilken grad de påvirker deres blikadfærd. Frame-by-Frame videoanalyse benyttes til at sammenligne hvordan cyklisterne øjenbevægelser adskiller sig når de krydser Bryggebroen, hvor der ingen midtlinje er, og Sortedam Dossering, hvor der er en midtlinje. Ved at benytte en referencelokalitet kan varighed og antal fikseringer indenfor et bestemt AOI sammenlignes på tværs af de to lokationer, Bryggebroen og Sortedam Dossering.

3.2.3 Forsøgsdesign

Dette afsnit beskriver designet og udførelsen af eye tracking-forsøget. På opfordring fra projektstilleren, Københavns Kommune, er forsøget detaljeret beskrevet for at lette designet af fremtidige lignende forsøg.

Rute

Ruten som forsøgspersonerne kørte, var cirka 10 km lang, og tog forsøgspersonerne gennem flere dobbeltrettede cykelstier i København, hvoraf Bryggebroen og Sortedam Dossering er de vigtigste. På [Figur 13](#) ses forsøgsruten.



Figur 13 - Forsøgsrute til eye tracking. Bryggebroen markeret med blå, og Sortedam Dossering markeret med grøn.

En af de væsentligste forskelle på Sortedam Dossering og Bryggebroen er afgrænsningen af den dobbeltrettede cykelsti. På Sortedam Dossering udgøres afgrænsningen af cykelstien blot af en kantsten og en række af træer, mens den på Bryggebroen udgøres af et hældende rækværk og en lav væg, som mindsker risikoen for fodgængere på cykelstien. På Sortedam Dossering forekommer fodgængere på cykelstien, da cykelstien skal krydses for at kunne komme ned til vandet. Se [Figur 14](#) for billeder af de to lokationer.



Figur 14 - Til venstre: Sortedam Dossering. Til højre: Bryggebroen.

Forsøgspersoner

Forsøget blev udført af 7 forskellige forsøgspersoner med varierende alder og køn. Forsøgspersonerne blev rekrutteret gennem et LinkedIn-opslag, der kan ses i [Appendiks 3](#), og desuden gennem eget netværk. I dette forsøg har forsøgsdeltagerne følgende karakteristika:

Tabel 6 - Forsøgspersoner – Karakteristika samt tidspunkt for udførelse af forsøget.

Deltager	Køn	Alder	Tracking ratio	Dato	Tidspunkt
E	Mand	71	88 %	11. april	08:00
C	Kvinde	30	83 %	17. april	07:00
D	Mand	19	83 %	17. april	15:30
F	Mand	25	89 %	26. april	08:00
01	Kvinde	Ukendt	Ikke mulig at kalibrere	9. april	15:00
02	Mand	48	72 %	11. april	15:00
02	Mand	48	51 %	26. april	10:00
03	Mand	51	23 %	24. april	10:30

I et forsøg, er det vigtigt at populationen er så repræsentativ som muligt. Det er dog svært at opnå repræsentativitet, når projektets tidsmæssige ramme begrænser hvor meget data der kan indsamles og behandles. Det er lykkedes at rekruttere forsøgspersoner der tilhører forskellige aldersgrupper og forskellige køn, imidlertid er mænd bedre repræsenteret end kvinder. Desuden kan længden af ruten have indflydelse på, hvilke personer, der har lyst til at melde sig til forsøget.

Som det fremgår af [Tabel 6](#), blev 2 forsøgspersoners data forkastet, da tracking ratio ikke nåede op over 80 %. En enkelt forsøgsperson, nr. 02, deltog i forsøget to gange, da tracking ratio var på 72 % i første forsøg. Det så derfor ud som om, at det var muligt at opnå en acceptabel tracking ratio, hvis forsøget blev udført igen. Det viste sig dog, at data igen måtte forkastes, da tracking ratio blot var på 51 % i andet forsøg. Udover de to forsøg som måtte forkastes, var der en enkelt forsøgsperson, nr. 01, som det ikke lykkedes at kalibrere. På denne dag var der solskin og temperaturer omkring de 15 grader i København. Solen besværliggjorde kalibreringen, og det blev bl.a. forsøgt afhjulpet ved brug af hat, men solens skarpe lys gjorde, at forsøgspersonen kneb øjnene sammen, og derved blev det umuligt at kalibrere brillerne.

De forkastede data og den besværlige kalibrering gjorde, at aldersfordelingen blev mindre repræsentativ. Tre ud af fire af de forsøgspersoner, hvis data medtages i analyserne, var under 30 år. En enkelt var over 70. Gennemsnitsalderen er 36 år, og bliver hevet op af forsøgsperson E, der er ældre end de øvrige forsøgspersoner.

Før deltagerne udførte forsøget blev de orienteret omkring ruten. Nogle fik en telefon med navigation, mens en enkelt fik en printet version af ruten. Forsøgsperson D og E er godt kendt i København, mens de to øvrige forsøgspersoner, er mindre kendte i København på cykel. Forsøgspersonerne fik sparsom information om formålet med forsøget inden de blev sendt afsted, for at påvirke deres adfærd mindst muligt. Forsøgspersonerne fik blot at vide at forsøget handlede om cyklisters orientering. Havde forsøgspersonerne fx vidst at forsøget omhandlede modkørende og midtlinjen, kunne det have medvirket til, at de kiggede mere på dette.

Forsøgstidspunkt

Forsøgene er startet enten om morgenen i tidsrummet 7:00-9:00 eller om eftermiddagen i tidsrummet 15:00-18:00, da de registrerede ulykker hos politi og borgerhenvendelser er forekommet under høje trafikmængder, typisk i tidsrummet 8:35-8:55. Disse tidsrum er valgt med udgangspunkt i en trafiktælling foretaget af Københavns Kommune d. 14. september 2022. De største trafikmængder forekommer i disse to tidsrum jf. [Figur 15](#).

Bryggebroen	Sum kl. 7-19		Begge retninger												Onsdag d. 14. sep. 2022		Sum begge retn. kl. 7-19	
Klokken	Kl. 7-19	%	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	%	Kl. 7-19		
Cykler og knallerter	18.245	78,9	1.908	3.107	1.425	703	631	862	784	1.105	1.993	2.520	1.973	1.234	78,9	18.245		
Ladcykler	744	3,2	61	143	53	37	25	33	39	47	100	115	54	37	3,2	744		
El-løbehjul o.l.	131	0,6	12	17	6	5	4	4	7	12	21	23	13	7	0,6	131		
CYKLER OG KNALLERTER I ALT	19.120	82,7	1.981	3.267	1.484	745	660	899	830	1.164	2.114	2.658	2.040	1.278	82,7	19.120		
Fodgængere	3.555	15,4	165	411	180	346	160	258	221	264	330	511	345	364	15,4	3.555		
Løbere	440	1,9	62	56	15	19	17	14	9	26	17	55	93	57	1,9	440		
FODGÆNGERE I ALT	3.995	17,3	227	467	195	365	177	272	230	290	347	566	438	421	17,3	3.995		
ALT I ALT	23.115	100,0	2.208	3.734	1.679	1.110	837	1.171	1.060	1.454	2.461	3.224	2.478	1.699	100,0	23.115		

SUM CYKLER AFRUNDET	19.100	ÅDT CYKLER	19.700	HVDT CYKLER	23.300
SUM FODGÆNGERE AFRUNDET	4.000	ÅDT FODGÆNGERE	4.700	HVDT FODGÆNGERE	4.800

Figur 15 - Trafiktælling foretaget af Københavns Kommune onsdag d. 14. september 2022 (Københavns Kommune, 2022).

Udstyr og kalibrering

Eye tracking-udstyr kræver korrekt kalibrering for at sikre nøjagtighed. Hvis kalibreringen ikke udføres korrekt, kan det føre til unøjagtige målinger af øjenbevægelser og dermed skæve resultater. Tobii Pro Glasses 2 er forholdsvis nemme at kalibrere. Til kalibreringen benyttes et hvidt kort med en sort cirkel med en prik i midten, der holdes i en afstand af 0,8-1,2 m fra forsøgspersonen (Tobii, 2023b). Kalibreringskortet fremgår af Figur 16.



Figur 16 - Kalibreringskort fra Tobii.

Kalibreringen er succesfuld, når pupillerne er detekteret, afstanden til brillen er okay og indenfor synsfeltet af kameraerne. Det er vigtigt at kalibrere brillerne før hver optagelse igangsættes, og tjekke at kalibreringen er okay. Selvom controlleren siger at kalibreringen er OK, kan det være en god idé at tjekke om den bør udføres en ekstra gang, og om der eventuelt skal skiftes næsepuder, så brillerne kommer til at sidde tættere på forsøgspersonens øjne.

3.2.4 Statistiske test og hypoteser

For at kunne undersøge Københavns Kommunes hypotese indsamles information om forsøgspersonernes blikadfærd på hhv. Bryggebroen og Sortedam Dossering. Der indsamles data omkring antal fikseringer på modkørende hhv. midten af cykelstien samt varighed af fikseringerne. Derudover indsamles antal fikseringer i alt for hver forsøgsperson på begge lokationer samt varigheden af disse fikseringer.

For at kunne teste om cyklisterne er mere fokuserede på at være på den rigtige side af midtlinjen end af holde afstand til modkørende, laves en række test på forsøgspersonernes adfærd ift. midten af cykelstien og desuden i forhold til modkørende. Disse test er formuleret som hypoteser, der kan efterprøves statistisk vha. data fra forsøget, og præsenteres i det følgende.

Midten

1. Hvor meget en forsøgsperson kigger på midten af cykelstien er afhængigt af lokation.

Dette er en af de mere centrale hypoteser til besvarelse af hovedhypotesen. Det forventes, på baggrund af Københavns Kommunes hypotese, at forsøgspersonerne kigger mere på midten af cykelstien på Sortedam Dossering, hvor der er en midtlinje, der adskiller de to kørselsretninger end på Bryggebroen. Dette testes ved en chi²-test, hvis alle antagelser for testen er opfyldt. Ellers benyttes den alternative Fishers Eksakte Test. I denne analyse opdeles fikseringerne i to kategorier: 1 = fiksering indenfor AOI, 0 = fiksering udenfor AOI. På den måde undersøges om sandsynligheden for en fiksering indenfor AOI er forskellig for de to lokationer.

2. Test af sammenhængen mellem antal fikseringer på midten og eksponering (tid).

Her testes det om der er en sammenhæng mellem antallet af fikseringer på midten og eksponeringen, dvs. den tid det tager forsøgspersonerne at gennemkøre strækningerne. Her bruges poissonfordelingen til at teste hypotesen. Denne test er relevant, da det kan fortælle om antallet af fikseringer per tid stiger med tilstedeværelsen af en midtlinje, og kan derved afdække om der er en forskel mellem de to lokationer.

3. Test af sammenhæng mellem den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten og antallet af modkørende.

Denne test er relevant, da den kan afdække, om den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten stiger eller falder med antallet af modkørende som forsøgspersonerne møder. Viser det sig fx, at varigheden falder med antallet af modkørende, kan det indikere, at midtlinjen ikke har betydning for hvor godt de orienterer sig ift. modkørende cyklister. Dette testes ved en lineær regressionsanalyse, hvor den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten er den afhængige variabel, og antallet af modkørende er den uafhængige variabel.

4. Den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten er mindre på Bryggebroen end på Sortedam Dossering.

Denne test kan være med til at belyse om forsøgspersonerne bruger mindre tid på at orientere sig efter midten af cykelstien på Bryggebroen. Hypotesen testes ved en parret t-test, da det er de samme forsøgspersoner, der gennemkører de to strækninger. Hvis data skulle vise sig ikke at være normalfordelte, så bruges Wilcoxon Signed-Rank Test i stedet for parret t-test, og der testes på medianen i stedet for middelværdien af fikseringsvarighederne.

5. Test af sammenhæng mellem antal modkørende og antal fikseringer på midten.

Hvis antallet af fikseringer på midten falder med antallet af modkørende, kan det indikere at midtlinjen er af mindre betydning for forsøgspersonernes visuelle adfærd, og kan være med til at afkræfte Københavns Kommunes hypotese, hvis der skulle vise sig at være en sammenhæng. Sammenhængen testes med lineær regression, hvor antal fikseringer på midten er den afhængige variabel og antal modkørende er den uafhængige variabel.

Modkørende

For helt at kunne afdække Københavns Kommunes hypotese om, at cyklisterne er mere fokuserede på at være på den rigtige side af midtlinjen end at holde afstand til modkørende, opstilles desuden en række hypoteser, der relaterer sig til modkørende.

1. Test af sammenhæng mellem antal cyklister mødt og antal modkørende kigget på.

Denne test kan belyse om cyklisternes opmærksomhed på modkørende falder, når trafikintensiteten stiger. Testen udføres ved en lineær regressionsanalyse, hvor antallet af modkørende, som forsøgspersonerne har kigget på, er den afhængige variabel og antallet af modkørende er den uafhængige variabel.

2. Test af sammenhæng mellem antallet af modkørende og hvor mange der procentvist bliver kigget på.

Hvis dette tal falder med antallet af modkørende, kan det indikere, at et øget antal modkørende kan føre til reduceret opmærksomhed på modkørende. Dette testes ligeledes ved en lineær regressions analyse, hvor

antallet af modkørende der procentvist bliver kigget på, er den afhængige variabel, og antallet af modkørende er den uafhængige variabel.

3. Hvorvidt en forsøgsperson kigger på en modkørende, er afhængigt af lokation.

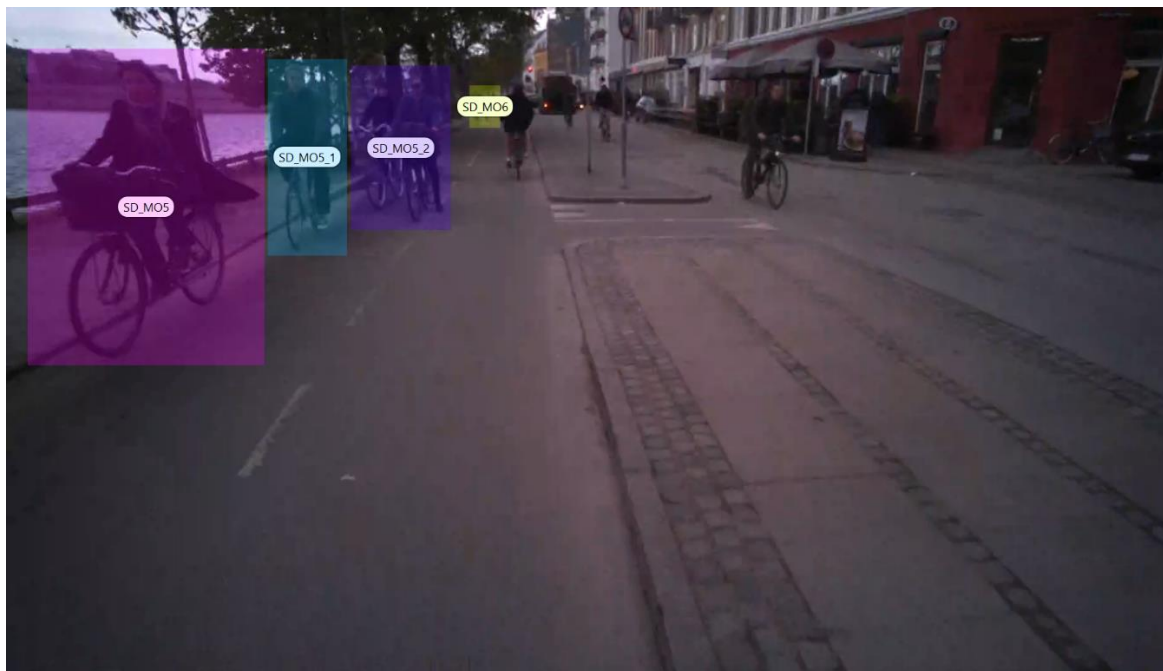
Denne hypotese kan være med til at afdække hvorvidt midtlinjen påvirker, hvor meget forsøgspersonerne kigger på modkørende ved direkte at sammenligne de to lokationer. Dette testes ved et chi2-test, såfremt alle antagelser for testet er opfyldt. Ellers benyttes det alternative Fishers Eksakte Test. I denne analyse opdeles fikseringerne i to kategorier: 1 = kigget på modkørende, 0 = ikke kigget på modkørende. På den måde kan vi teste om sandsynligheden for at kigge på modkørende er ens for de to lokationer.

4. Test af gennemsnitlig varighed af fikseringer på modkørende og antallet af modkørende.

Denne test er relevant, da den kan afdække, hvorvidt cyklisters visuelle opmærksomhed påvirkes af trafikmængden. Korte fikseringer kan indikere en mere overfladisk opmærksomhed. Ved at undersøge, hvordan varigheden af fikseringer ændres med antallet af modkørende, kan vi få indsigt i potentielle sikkerhedsrisici på trængselsramte cykelstier. Til denne test benyttes lineær regression, hvor den afhængige variabel er den gennemsnitlige varighed af fikseringer på modkørende, og antallet af modkørende er den uafhængige variabel.

3.2.5 Area of Interest (AOI)

Til at teste hypoteserne oprettes en række AOI, der dækker modkørende samt midten af cykelstierne. Tobii Pro Lab registrerer antal fikseringer indenfor AOI samt varighed. AOI for modkørende udgøres af et rektangel, der dækker hele den modkørende, som vist på [Figur 17](#).



Figur 17 - AOI defineret for modkørende cyklister.

Rektanglet er en simpel model til registrering af modkørende, der gør arbejdsgangene lettere end hvis en kompleks polygon blev benyttet. Arbejdsgangen besværes af at AOI er dynamiske og derfor skal flyttes og tilpasses mellem hver frame. En mulig fejlkilde ved den rektangulære definition af AOI er, at den ikke er

nøjagtigt tilpasset til den modkørendes omrids. Det betyder, at nogle fikseringer fejlagtigt kan registreres som en fiksering på modkørende, selvom det ikke er tilfældet. Baseret på kvalitative observationer gennem dataanalysen, anses betydningen af denne fejlkilde som lille i dette forsøg.

AOI for midten af cykelstierne er defineret som en lang trapez, som vist på [Figur 18](#). Denne form blev benyttet, da den følger midtlinjen og perspektivet i billedet.



Figur 18 - AOI defineret for midten af den dobbeltrettede cykelsti. Til venstre: Sortedam Dossering. Til højre: Bryggebroen.

3.2.6 Kvalitative analyser

Udover at analysere eye tracking data statistisk, foretages også en række kvalitative analyser af videomaterialet fra de fire forsøgspersoner. Dette bruges til at undersøge forsøgspersonernes blikadfærd under overhalingen: egne overhalingen, når de selv bliver overhalet og når modkørende overhaler. Det bidrager til en bedre forståelse af midtlinjens betydning på smalle dobbeltrettede cykelstier, med særligt fokus på risikofyldte situationer hvor cyklister kører tæt på hinanden. Disse analyser skal anses som et supplerende kvalitativt perspektiv på nogle af de situationer, der undersøges kvantitativt i videoanalysen.

4. Hvor placerer cyklisterne sig?

Formålet med videoanalysen var at undersøge, om der kan observeres en forskel på cyklisterne placering på Bryggebroen uden midtlinje sammenlignet med Trafitecs undersøgelse fra 2015, hvor der var en midtlinje. I det følgende præsenteres resultaterne af denne undersøgelse. Når der refereres til Trafitecs undersøgelse, er der tale om undersøgelsen beskrevet i afsnit 3.3.

4.1 Karakteristika for videodata

I dette forsøg blev antallet af cyklister, der krydsede Bryggebroen i myldretiden, målt til 3228 ifølge videoregistreringerne. Cyklisterne er næsten ligeligt fordelt mellem de to retninger, som det fremgår af Tabel 7. Her ses det desuden, at antallet af cyklister, der krydser broen, er steget med cirka 50 % i myldretiden siden Trafitec, foretog deres undersøgelse i 2015. Udenfor myldretiden ses ligeledes en stigning i antal cyklister (cirka 40 %), dog med en anderledes retningsfordeling end Trafitec fandt i 2015.

Tabel 7 - Antal cyklister fordelt på retning og i/udenfor myldretiden.

	Myldretid*			Udenfor myldretid**		
	Antal cyklister	Andel mod Vesterbro	Andel mod Amager	Antal cyklister	Andel mod Vesterbro	Andel mod Amager
Trafitec 2015	2130	51 %	49 %	383	52 %	48 %
Video 2024	3228	51 %	49 %	539	46 %	54 %

* Trafitec 2015 = 7:45-8:15 + 8:30-9:00, Video 2024 = 7:55-8:55

** 9:30-10:00

Cyklisterne på Bryggebroen kører primært på almindelige cykler, hvilket fremgår af Tabel 8. Der er dog sket en stigning i andelen af ladcykler siden 2015, hvilket potentielt kan have en betydning for antallet af overhalingen på Bryggebroen i myldretiden, da 3-hjulede ladcykler typisk fylder omkring 90 cm i bredden, men må være op til 1,25 m i bredden (Transportministeriet, 2016), og derved optager cirka 2/3 eller mere af pladsen i én kørselsretning. Det betyder, at de potentielt kan have betydning for flowet på cykelstien, særligt hvis de cykler langsommere end de øvrige cykler. Elcykler hører i tabellen under almindelige cykler, da de har cirka samme pladsoptag, og udgør cirka 10 % af den observerede cykelflåde i denne analyse¹. I 2015, var andelen af elcykler på cykelstierne ikke nær så stor som den er i dag (Vejdirektoratet, 2023b).

Tabel 8 - Cyklister fordelt på cykeltype.

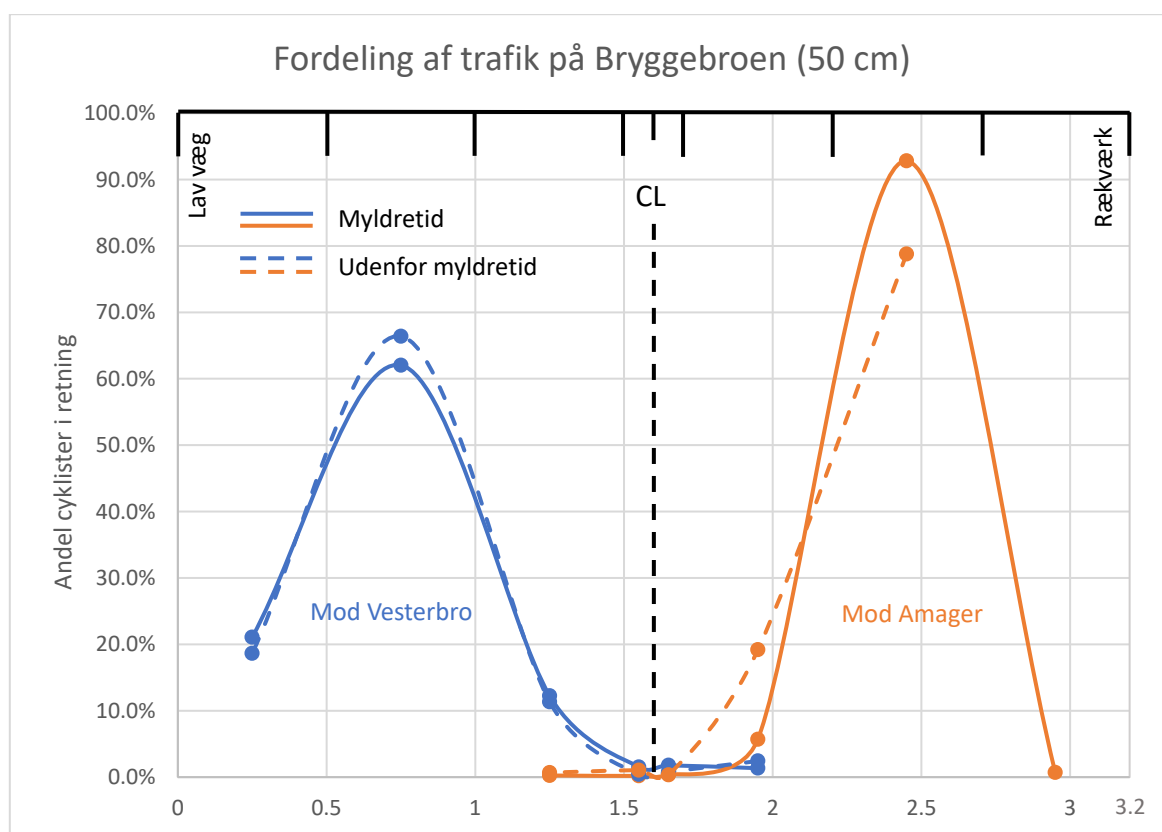
	Cykeltyper						
	Antal cyklister	Alm. cykler	Ladcykel 2 hjul	Ladcykel 3 hjul	Cykel m. anhænger	Knallert	Løbehjul
Trafitec 2015	2513	98,7 %	0,1 %	1,1 %	0,1 %	0 %	-
Video 2024	3767	94,3%	1,1 %	4,2 %	0,1 %	0,1 %	0,3 %

¹ De 10 % et konservativt bud på hvor meget de udgør, da det er det der blev registreret ud fra videooptagelserne.

4.2 Cyklisternes generelle placering

Cyklisterne på Bryggebroen placerer sig primært i en afstand af 0,5-1,0 m fra kanten af cykelstien, som det fremgår af [Figur 19](#), og som Trafitec ligeledes fandt tilbage i 2015. Dog er dette mest tydeligt mod Amager, hvor rækværket skråner ind over cykelstien. Det indikerer, at rækværket har indflydelse på cyklisternes placering, hvilket understøttes af Garcia et al. (2015), der ligeledes fandt at vertikale barrierer langs cykelstier påvirker cyklisteres laterale placering, særligt når barriererne er i cykelstyrshøjde, som det er tilfældet her.

Mod Vesterbro udgøres kanten af cykelstien af en lav væg med hældning væk fra cykelstien, hvorfor flere cyklister placerer sig 0-0,5 m fra kanten i denne retning. Her er andelen der placerer sig i dette interval større end den var i 2015, hvor den var cirka 5 % udenfor myldretiden og cirka 15 % i myldretiden. I dag er den cirka 20 % både i og uden for myldretiden. Dette skyldes formentlig stigningen i antallet af cyklister, der krydser Bryggebroen i myldretiden.

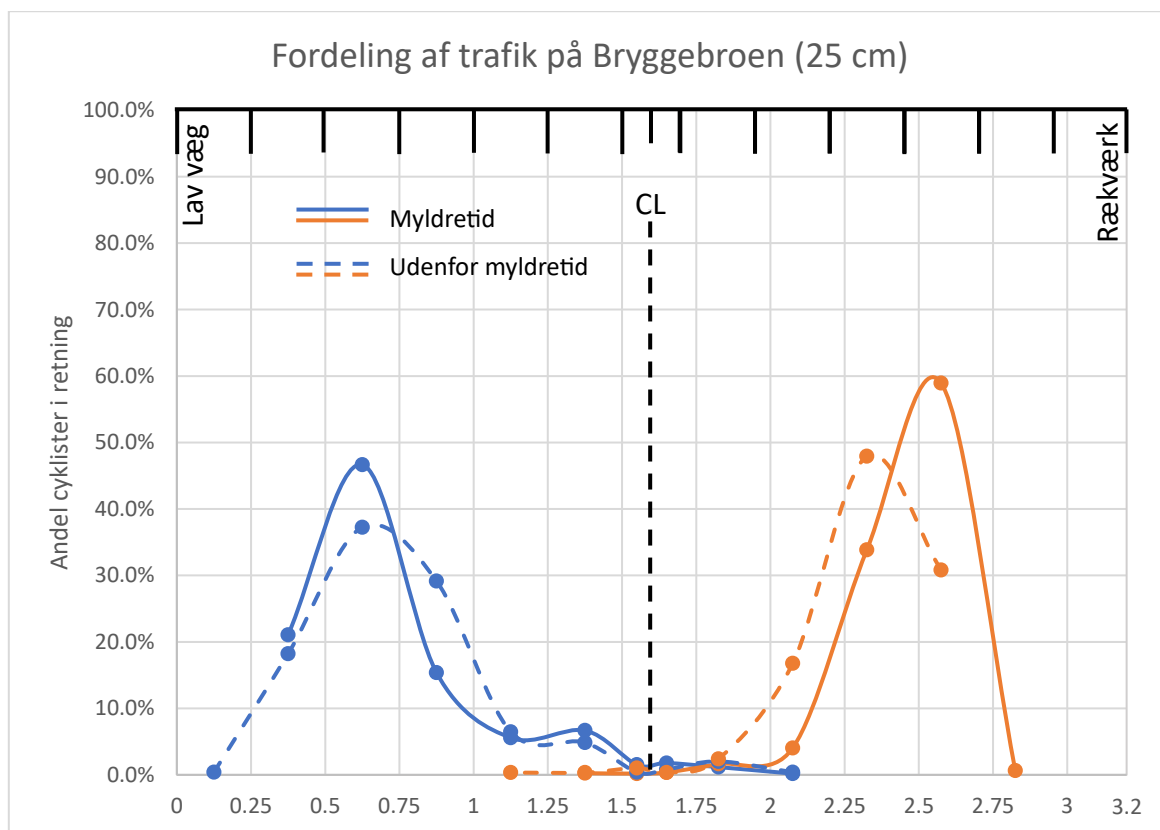


Figur 19 - Cyklisteres placering på Bryggebroen i og uden for myldretiden i 2024. Opdelt i 50 cm intervaller.

På [Figur 19](#) fremgår det, at der næsten ingen forskel er mellem myldretiden og udenfor myldretiden for cyklister der cykler mod Vesterbro. Lidt anderledes er det for cyklister mod Amager. Her placerer cyklisterne sig lidt tættere på midten af cykelstien. Det kan skyldes forskellen i trængselsniveauet, der gør at cyklisterne udenfor myldretiden har mulighed for at placere sig mere frit over hele cykelstiens bredde i kombination med rækværket, der hælder ind over cykelstien.

Inddeles cykelstien i finere intervaller af 25 cm, fremkommer en tydelig forskel i cyklisternes placering mellem myldretiden og udenfor myldretiden, som det fremgår af [Figur 20](#). Her ses det, at cyklisterne i begge retninger

cykler tættere på midten af cykelstien, når der er færre cyklister på broen. Det kunne derfor tyde på, at komforten for cyklisterne er nedsat i myldretiden, og de bliver presset længere ud mod kanten af cykelstien.

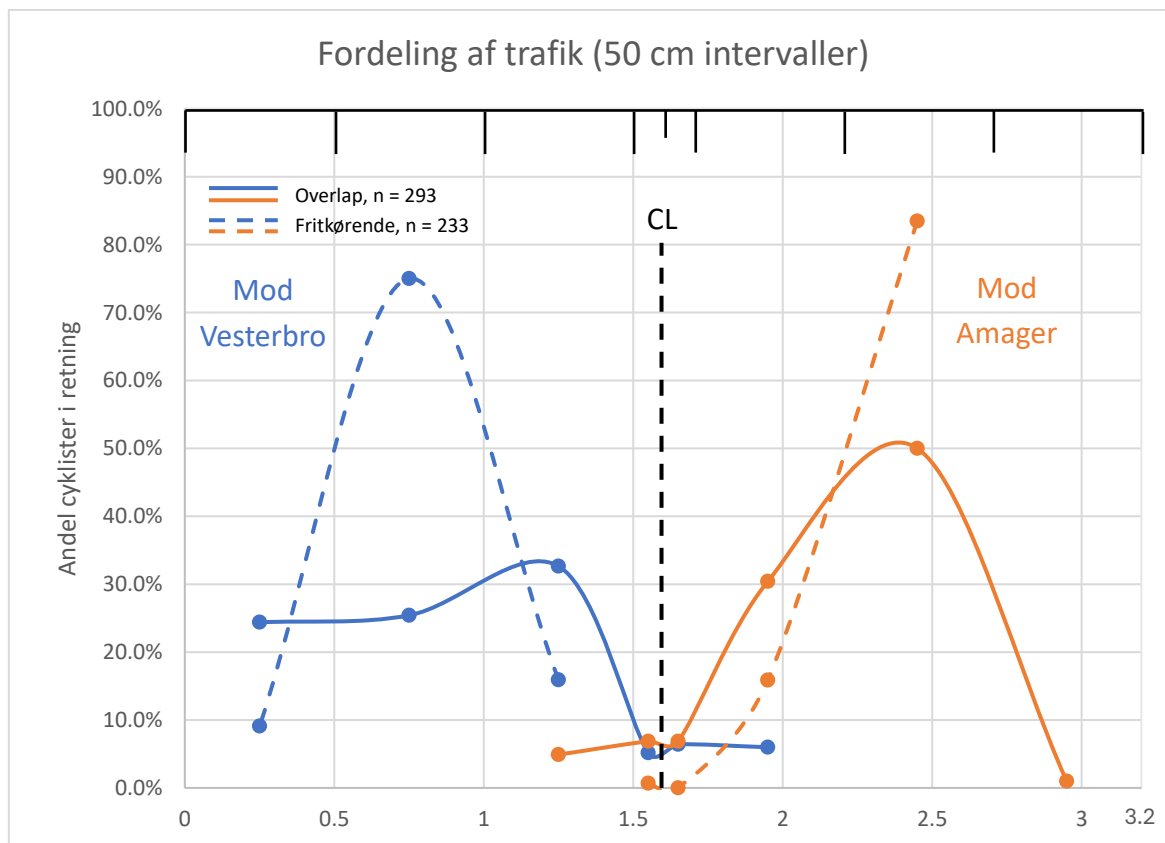


Figur 20 - Cyklisters generelle placering på Bryggebroen i og uden for myldretiden i 2024. Opdelt i 25 cm intervaller.

Figur 20 viser også, at der er en lidt større andel af cyklisterne, der cykler mod Vesterbro, som placerer sig tættere på midten. Dette kan skyldes, at der generelt forekommer flere overhalingen blandt cyklisterne, der cykler mod Vesterbro.

4.3 Cyklisternes placering ved overlap og for fritkørende

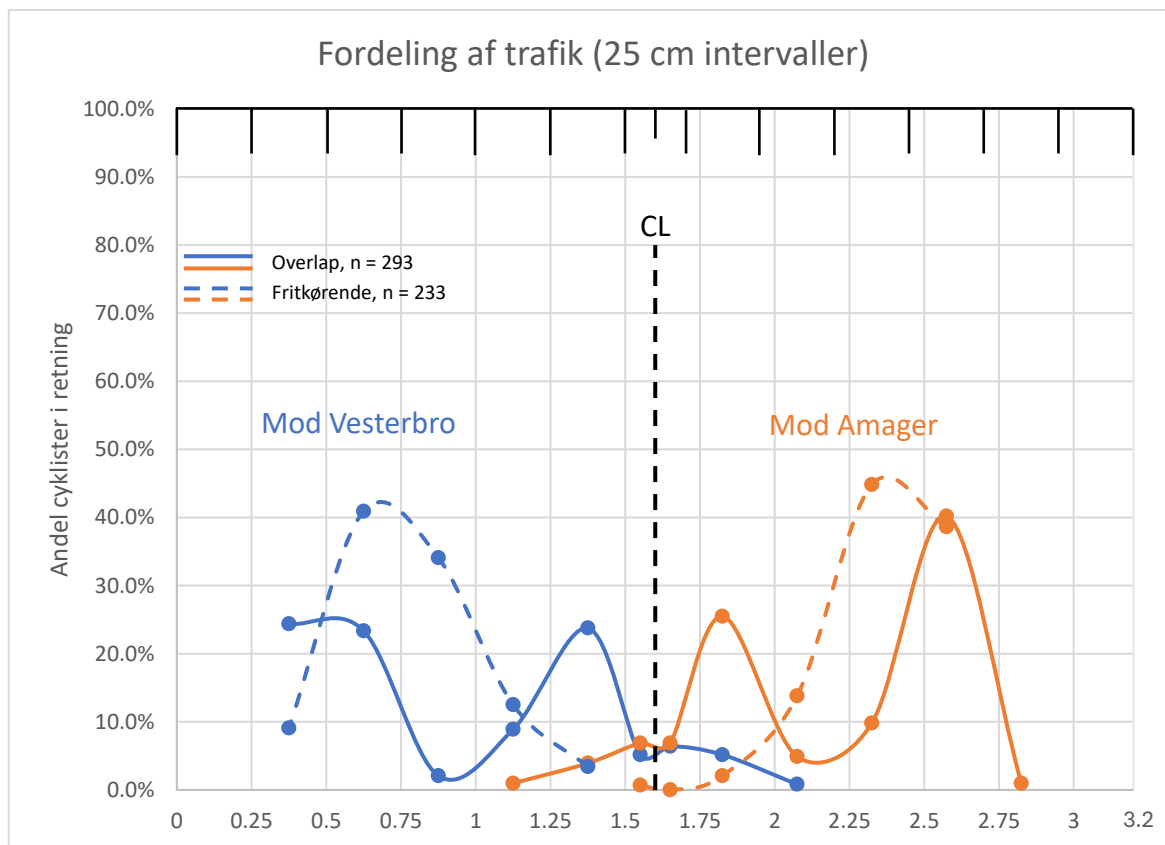
Inddeles resultaterne efter, om cyklisten var fritkørende eller kørte side-om-side med andre medkørende cyklister (overlap), ses at fritkørende cyklister placerer sig næsten ligesom det generelle gennemsnit, hvilket fremgår hvis Figur 21 og Figur 19 sammenlignes. Ved overlap, dvs. ved kørsel side-om-side og under overhalingen, placerer cyklisten, der kører længst til venstre, sig omkring midten af cykelstien. Cirka 12 % af cyklisterne ved overlap krydser midten af stien, og kommer over i modkørendes bane. Dette tal var 18 % i Trafitecs undersøgelse, og er således faldet en del. Det kan ikke siges med sikkerhed om dette skyldes fraværet af midtlinjen, stigningen i antallet af cyklister eller at ladcykler udgør en større del af trafikmængden. Fordelingen af cyklisterne placering ved overlap og for fritkørende i intervaller af 50 cm fremgår af Figur 21.



Figur 21 - Cyklisters placering på Bryggebroen ved overlap og fritkørende i 2024. Opdelt i 50 cm interval.

Inddeles registreringerne i et finere interval, ses to veldefinerede spor i begge retninger, hvilket fremgår af Figur 22. Dette var umiddelbart ikke tilfældet under Trafitecs registrering i 2015, hvor cykelstien kun var ind-delt i 50 cm intervaller. Her observerede Trafitec kun to veldefinerede spor i retning mod Vesterbro.

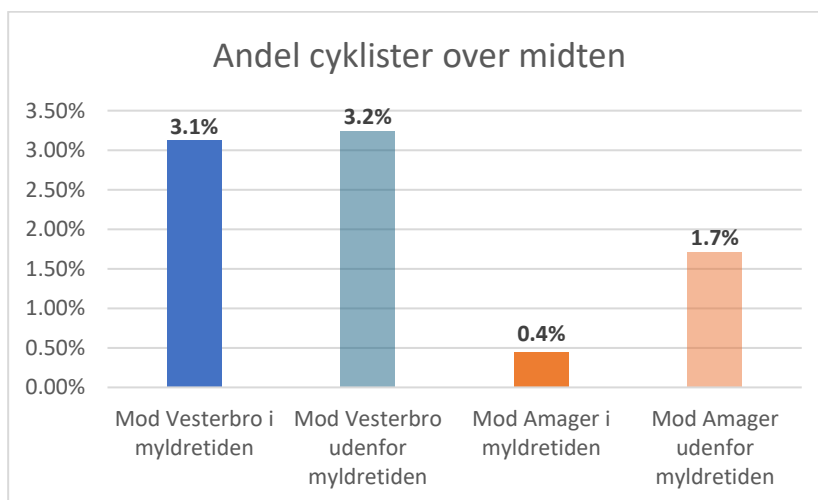
Figur 22 viser, at de fritkørende placerer sig nogenlunde som det generelle gennemsnit, men en anelse tæt-tere på midten og mere spredt. Ligesom i Trafitecs undersøgelse, placerede størstedelen af cyklisterne sig 0,5-1,0 m fra kanten af cykelstien. I denne undersøgelse er der lidt flere af de fritkørende mod Vesterbro, der placerer sig 1-1,5 m fra kanten eller 0,1-0,6 m fra midten (15,9 % mod cirka 10 % i Trafitecs undersøgelse). I retning mod Amager er det ligeledes 15,9 % af de fritkørende, der cykler 1-1,5 m fra kanten. Dog er dette tal cirka det samme i Trafitecs undersøgelse.



Figur 22 - Cyklisters placering på Bryggebroen ved overlap og for fritkørende i 2024. Opdelt i 25 cm intervaller.

4.4 Overskridelse af midtlinjen

Cyklisterne, der cykler mod Vesterbro, krydser oftere stimidten end de cyklister, der cykler mod Amager, hvilket fremgår af Figur 23. Det kunne være på grund af længdefaldet mod Amager, der resulterer i en generelt højere hastighed for cyklisterne og mindre variation imellem cyklisterne. Derfor kan det være, at cyklisterne ikke har lige så stort behov for at overhale og færre cyklister krydser midten af cykelstien. Mod Amager er det blot omkring 3 % af cyklisterne, der foretager en overhaling i myldretiden, mens det er næsten 14 % af cyklisterne mod Vesterbro.



Figur 23 - Andel cyklister der krydser midten. Fordelt på retning og i/udenfor myldretiden i 2024.

5. Hvad kigger cyklisterne på?

I det foregående afsnit viser videoanalysen, at antallet af cyklister, der krydser midten af cykelstien ved overlap, er faldet fra 18 % i 2015 til 12 %. Dette indikerer, at midtlinjen har betydning for, hvor cyklisterne placerer sig på cykelstien. Denne observation kan potentielt underbygge Københavns Kommunes hypotese om, at cyklisterne er mere fokuserede på at være på den rigtige side af midtlinjen end på at holde afstand til modkørende. Derfor vil den følgende statistiske analyse af eye tracking data forsøge at afdække om dette også er tilfældet, når det undersøges hvad cyklisterne faktisk kigger på.

Ud fra Københavns Kommunes hypotese forventes det, at cyklisterne orienterer sig mere ift. modkørende på Bryggebroen på grund af den manglende midtlinje, mens det forventes at forsøgspersonerne orienterer sig mere mod centerlinjen/midten af cykelstien på Sortedam Dossering. Udover at kigge statistisk på data, analyseres videooptagelser fra eye tracking forsøget kvalitativt. På den måde undersøges hvad forsøgspersonerne kigger på under overhalinger, for at se om dette støtter op om resultaterne fra videoanalysen i det forrige afsnit. Alle beregninger for de statistiske test findes i [Appendiks 4](#).

5.1 Karakteristika for forsøg

Først præsenteres en række karakteristika for hver forsøgsperson. Disse fremgår af [Tabel 9](#).

Tabel 9 - Generelle data for hver forsøgsperson.

Variabel		Forsøgspersoner			
		C	D	E	F
Køn		K	M	M	M
Alder		30	19	70	25
Vejr		Solskin	Solskin	Overskyet, regn	Overskyet
Middel vindhastighed [m/s]		1,0	2,5	6,3	4,5
Tidspunkt på dagen		Morgen	Eftermiddag	Morgen	Morgen
Gennemkørselstid [s]	BB*	35.5	45.9	32.8	32.6
	SD*	30.2	23.4	28.1	25.7
Længde af strækning [m]	BB*	190			
	SD*	165			

* BB = Bryggebroen; SD = Sortedam Dossering

Det fremgår af [Tabel 9](#), at forsøgspersonerne generelt har brugt nogenlunde den samme tid på at gennemkøre de to strækninger. Forsøgspersonerne har i gennemsnit brugt 36,7 sekunder på Bryggerbroen og 26,9 sekunder på Sortedam Dossering, dog med en større standardafvigelse på Bryggebroen (Std.afv.: BB = 6,3 og SD =

2,9). Her skal den højere standardafvigelse findes hos forsøgsperson D, som med al sandsynlighed er blevet fanget bag cyklister, der kører langsomt. Langsomme cyklister har stor betydning for flowet på grund af den smalle bredde og den høje trafikmængde, som gør det svært at overhale.

Det ses desuden, at to af forsøgspersonerne har cyklet i overskyet vejr og på tidspunkter, hvor det har været mere blæsende, mens de to øvrige forsøgspersoner har cyklet i solskin.

Tre af cyklisterne har cyklet i morgenmyldretiden, mens en enkelt har cyklet i eftermiddagsmyldretiden. Umiddelbart har det ingen betydning for resultaterne, da fordelingen af trafik mellem retningerne er nogenlunde ens for begge strækninger, hvilket vi så under videoregistreringen.

Tabel 10 angiver en række generelle data for hver forsøgsperson ift. fikseringer fordelt på de to strækninger Bryggebroen (BB) og Sortedam Dossering (SD). Alle fikseringsdata kan findes i [Appendiks 4](#).

Tabel 10 - Generelle fikseringsdata for hver forsøgsperson.

ID	Tot. antal fikseringer		Tot. varighed af fikseringer [ms]		Gns. varighed af fikseringer [ms]		Median varighed af fikseringer [ms]	
	BB	SD	BB	SD	BB	SD	BB	SD
C	85	72	21478	17633	253	245	220	210
D	122*	64	27579	11610	226	181*	170	120
E	58	82	24293	19385	419*	236	300	180
F	81	72	24645	19080	304	265	240	220
Middel	86,5	72,5	-	-	301	232	233	183
Std.afv.	26,5	7,4	-	-	85	36	54	45

* Grøn = lav værdi; Rød = høj værdi

Antal fikseringer i alt på Bryggebroen varierer mellem de fire forsøgspersoner med en standardafvigelse på 26,5. Her skal den høje afvigelse formentlig findes hos forsøgsperson D, som brugte væsentligt længere tid på at krydse Bryggebroen, og derved har flere fikseringer i alt.

Ses der på antal fikseringer i alt på Sortedam Dossering er standardafvigelsen på 7,4, hvilket er væsentligt mindre, og kan forklares med den mere ensartede gennemkørselstid mellem forsøgspersonerne.

Den gennemsnitlige varighed af fikseringer på Bryggebroen er relativt ens for tre af forsøgspersonerne, mens forsøgsperson E skiller sig ud med en høj værdi. Ses der derimod på medianvarighed af fikseringer på Bryggebroen, så er tallene mere ensartede og derved bliver standardafvigelsen også mindre. Det kunne tyde på, at der findes outliers eller større varians i forsøgsperson E's forsøgsdata.

På Sortedam Dossering skiller forsøgsperson D sig ud ved at have en lav gennemsnitlig varighed af fikseringer. De tre øvrige forsøgspersoners værdier ligner hinanden mere.

5.2 Midtlinje

I det følgende undersøges sammenhængen mellem forsøgspersonernes orientering i forhold til midten af cykelstien og lokation. Tabel 11 og Tabel 12 viser fikseringsdata, der relaterer sig til midten af cykelstien for hver af de to strækninger.

Tabel 11 – Fikseringsværdier i relation til midten af cykelstien for Bryggebroen.

Bryggebroen						
ID	Gennemkørselstid [s]	Antal modkørende cyklister	Antal fikseringer på midten	Gns. varighed af fikseringer på midten [ms]	Median varighed af fikseringer på midten [ms]	Tot. varighed af fikseringer på midten [ms]
C	35,5	16	3	646*	700*	1939
D	45,9	34	5	292	280	1460
E	32,8	25	11*	731*	400	8037
F	32,6	26	1*	320	320	320
Middel	36,7	25,3	5	497	425	2939
Std.afv.	6,2	7,4	4,3	224	190	3466

* Grøn = lav værdi; Rød = høj værdi

Tabel 11 viser, at der er forskel på hvor mange fikseringer forsøgspersonerne har på midten af Bryggebroens cykelsti. Forsøgsperson E har mere end dobbelt så mange fikseringer på midten som de øvrige forsøgspersoner har.

Ses der på den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten af cykelstien, har forsøgsperson C og E relativt høje værdier, mens forsøgsperson D og F har lavere værdier. Det resulterer i en høj standardafvigelse. Der er generelt variation i hvor meget hver enkelt forsøgsperson har kigget på midten. Ved modkørende havde forsøgsperson E også en gennemsnitlig varighed af fikseringer, der var højere end de øvrige forsøgspersoners.

Tabel 12 - Fikseringsværdier i relation til midten af cykelstien for Sortedam Dossering.

Sortedam Dossering						
ID	Gennemkørselstid [s]	Antal modkørende cyklister	Antal fikseringer på midten	Gns. varighed af fikseringer på midten [ms]	Median varighed af fikseringer på midten [ms]	Tot. varighed af fikseringer på midten [ms]
C	30,2	11	11*	356	360	3920
D	23,4	4	1*	540*	540*	540
E	28,1	6	10*	284*	280	2840
F	25,7	16	6	397	320	2379
Middel	36,7	25,3	7	394	375	2420
Std.afv.	6,2	7,4	4,5	108	115	1410

* Grøn = lav værdi; Rød = høj værdi

På Sortedam Dossering er der generelt også ret stor forskel på hvor mange fikseringer forsøgspersonerne har på midten. Her observeres flest fikseringer for forsøgsperson C og E, mens forsøgsperson D blot har haft en enkelt fiksering.

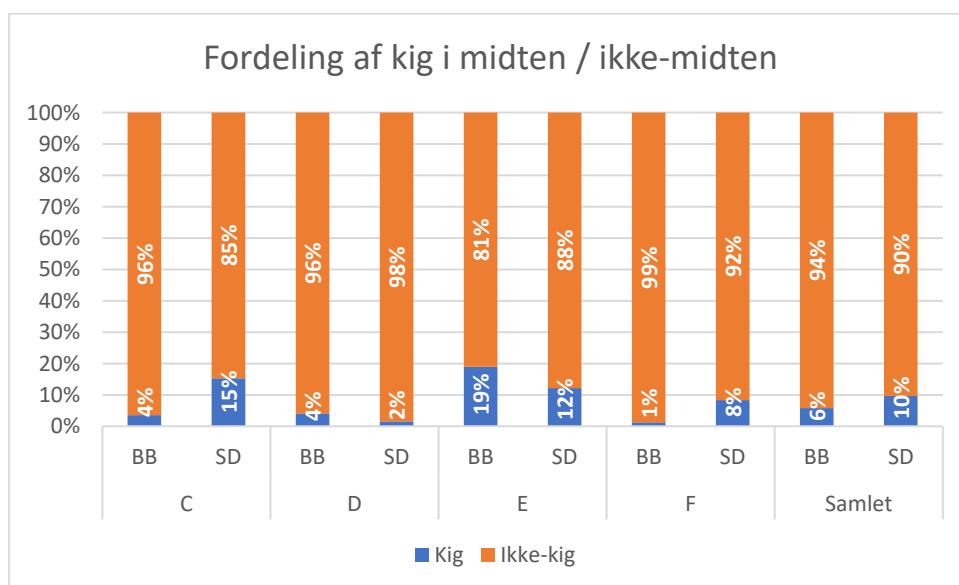
Den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten varierer også en del mellem forsøgspersonerne. Her ses det, at forsøgsperson D, der blot har en enkelt fiksering, trækker gennemsnittet væsentligt op ift. de øvrige

forsøgspersoner. Ligeledes trækker forsøgsperson E gennemsnittet ned, hvilket var lige omvendt for Bryggebroen, hvor forsøgsperson E trak gennemsnittet op.

I det følgende præsenteres resultaterne fra de statistiske tests i forbindelse med forsøgspersonernes fikseringer på midtlinjen. Overordnet testes for, om der kan observeres en statistisk forskel på forsøgspersonernes fikseringer på midtlinjen mellem de to lokationer. Dette kan være relevant ift. Københavns Kommunes hypotese om, at den manglende midtlinje på Bryggebroen får trafikanterne til at orientere sig mere mod de modkørende. Den anvendte metode til hver enkelt test er beskrevet i afsnit 4.2.4.

5.2.1 Hypotese: Hvor meget en forsøgsperson kigger på midten af cykelstien, er afhængigt af lokation

For forsøgsperson C og F er der en større sandsynlighed for at kigge på midten af cykelstien på Sortedam Dossering ($p < 0,05$), hvilket er i overensstemmelse med Københavns Kommunes hypotese. For de to øvrige forsøgspersoner kan det ikke afvises at sandsynligheden er ens for de to lokationer ($p > 0,05$). Fordelingen fremgår af Figur 24.

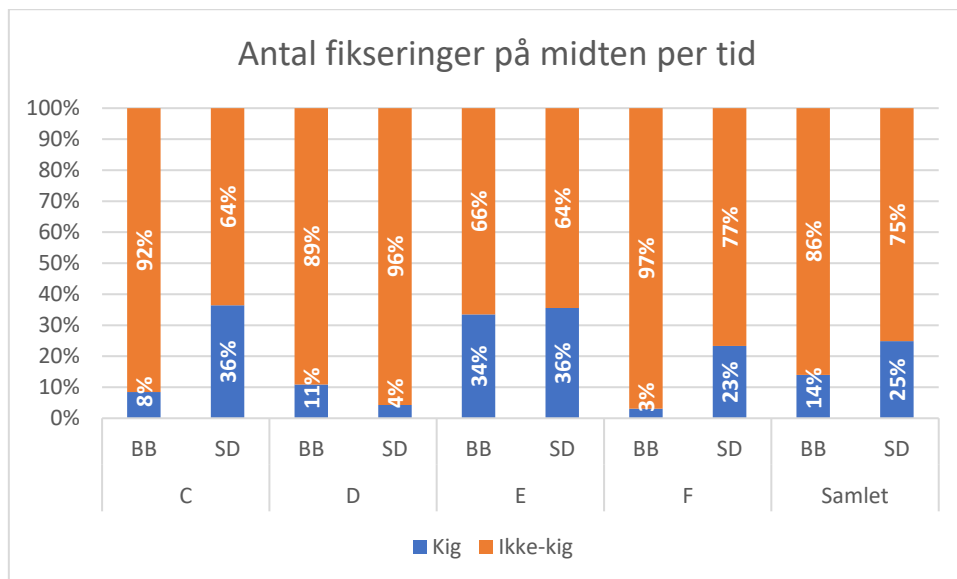


Figur 24 - Fordeling af kig i midten / ikke-midten for hver forsøgsperson fordelt på lokation. BB = Bryggebroen, SD = Sortedam Dossering.

5.2.2 Test af sammenhængen mellem antal fikseringer på midten og eksponering (tid)

Figur 25 viser fordelingen af kig / ikke-kig i % for hver forsøgsperson og lokation. Det fremgår af figuren, at 3 ud af 4 forsøgspersoner kigger mere på midten af cykelstien over tid på Sortedam Dossering sammenlignet med Bryggebroen. Dog var dette resultat kun signifikant for 2 ud af 4 forsøgspersoner. For forsøgsperson C og F, fås at der er statistisk signifikant forskel imellem lokationer på, hvor mange fikseringer forsøgspersonerne har per tid ($p < 0,05$). Denne forskel mellem forsøgspersoner kan skyldes, at forsøgsperson D og E er mere erfarne i at cykle i København. Lægges data sammen, findes en forskel mellem de to lokationer, der er statistisk signifikant ($p = 0,0319$), men dette skyldes at C og F's data er mere dominerende end de to øvrige forsøgspersoners. Her kunne det have været nyttigt med flere forsøgspersoner for at få et reelt svar på om der

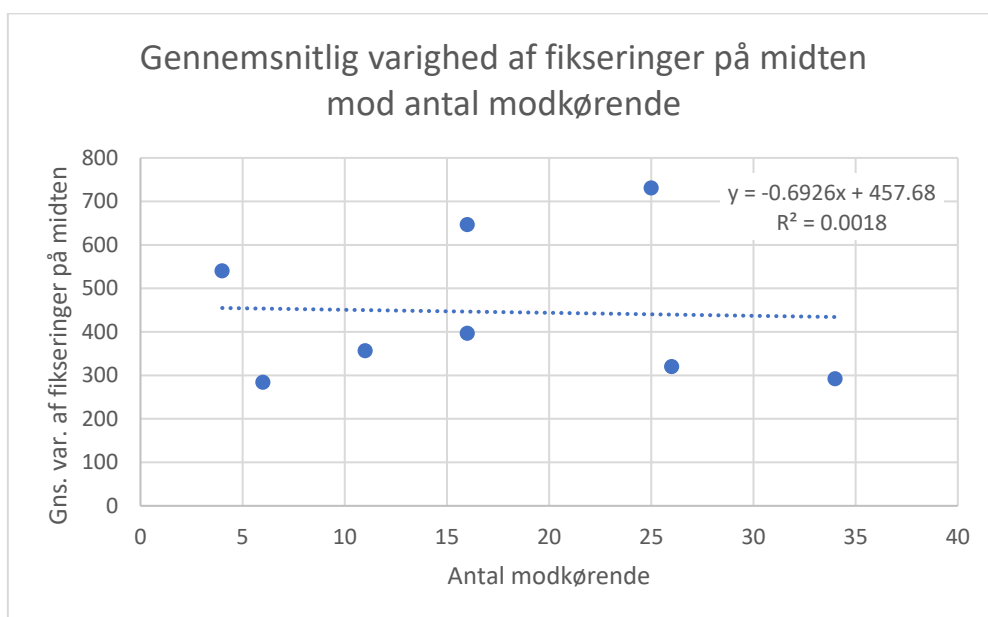
rent faktisk er statistisk signifikant forskel mellem lokationer, eller om det hænger sammen med erfaring i at cykle i København.



Figur 25 - Antal fikseringer på midten per tid. BB = Bryggebroen, SD = Sortedam Dossering.

5.2.3 Test af sammenhæng mellem den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten og antallet af modkørende

Sammenhængen mellem den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten og antallet af modkørende, er vist på Figur 26. Det fremgår af figuren, at forklaringsgraden for et lineært fit er meget lav, og der ses ingen tendens til mønster. En lineær regressionsanalyse viser en p-værdi på 0,833, hvilket indikerer, at der ikke kan observeres en sammenhæng mellem de to variable.



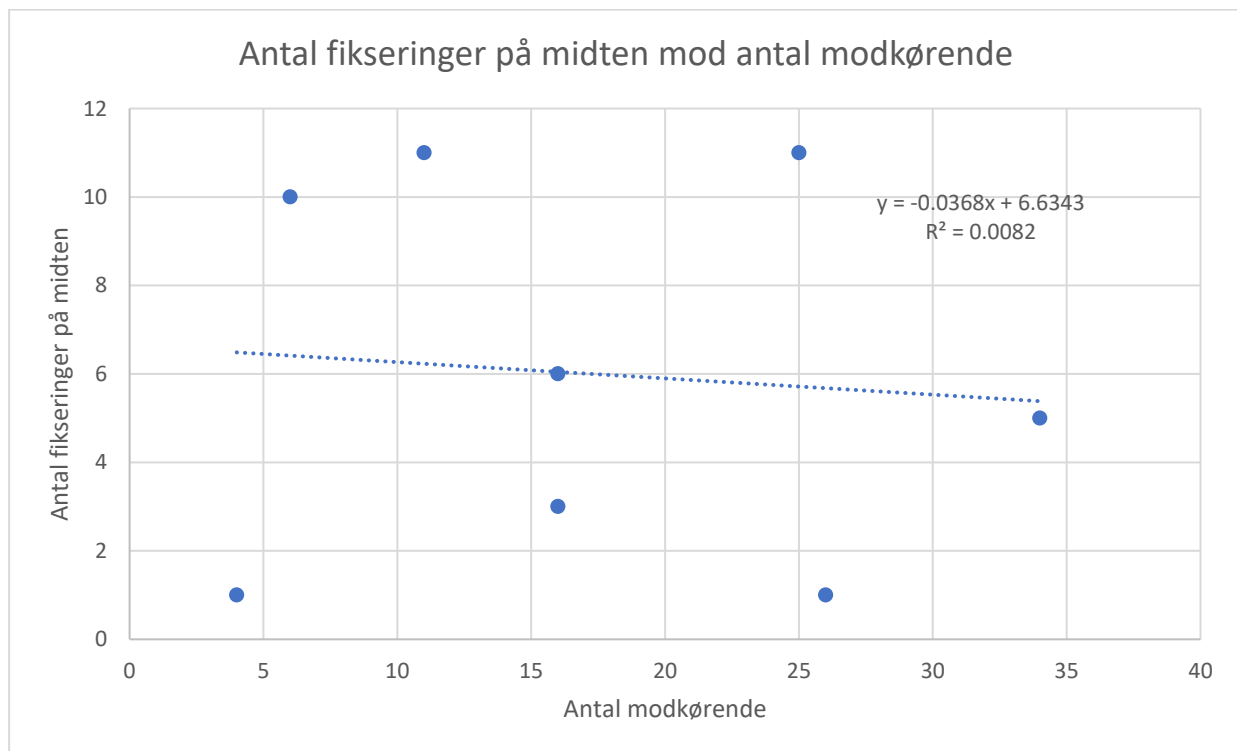
Figur 26 - Gennemsnitlig varighed af fikseringer på midten mod antal modkørende.

5.2.4 Hypotese: Den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten er mindre på Bryggebroen end på Sortedam Dossering

Idet data viser sig at være normalfordelte (swilk = 0,65), findes det, at der ikke er statistisk signifikant forskel på varigheden mellem de to lokationer ($p=0,28$). Generelt er det forskelligt fra person til person om differensen er positiv eller negativ, og i hvilken størrelsesorden.

5.2.5 Test af sammenhæng mellem antal modkørende og antal fikseringer på midten

Figur 27 viser sammenhængen mellem antal fikseringer på midten og antal modkørende samt et lineært fit gennem datapunkterne. Figuren viser ingen tydelig lineær sammenhæng. Testes denne hypotese ved hjælp af lineær regression fås en høj p-værdi på 0,83, som ligeledes indikerer, at der ingen sammenhæng er mellem de to variable.



Figur 27 - Antal fikseringer på midten mod antal modkørende.

5.3 Modkørende

I det følgende undersøges sammenhængen mellem lokation og orientering ift. modkørende. Først præsenteres nogle generelle data, der relaterer sig til modkørende. Disse fremgår af [Tabel 13](#) og [Tabel 14](#).

Tabel 13 - Fikseringsværdier i relation til modkørende på Bryggebroen.

Bryggebroen							
ID	Gennemkørselstid [s]	Antal modkørende cyklister	Antal modkørende kigget på	Antal fikseringer på modkørende i alt	Gns. varighed af fikseringer på modkørende [ms]	Median-varighed af fikseringer på modkørende [ms]	Tot. varighed af fikseringer på modkørende [ms]
C	35,5	16	7 (44 %)	12	252	190	3020
D	45,9*	34	19 (56 %)	35	283	240	9899
E	32,8	25	10 (40 %)	15	561*	320	8417
F	32,6	26	19 (73 %)*	47*	256	300	12019
Middel	36,7	25,3	(53,25 %)	-	338	263	-
Std.afv.	6,2	7,4	(15 %)	-	150	59	-

* Grøn = lav værdi; Rød = høj værdi

Det fremgår af [Tabel 13](#), at forsøgsperson F skiller sig ud og generelt kigger mere på modkørende end de øvrige forsøgspersoner. Standardafvigelsen ville være mindre, hvis forsøgsperson F blev udeladt. Det samme mønster observeres ift. det totale antal fikseringer på modkørende.

Ses der på den gennemsnitlige længde af fikseringer på modkørende, påvirker forsøgsperson E standardafvigelsen mest, og trækker middelværdien op. Her ses en gennemsnitlig varighed der er cirka dobbelt så høj som for de øvrige forsøgspersoner. Ses der derimod på medianen af forsøgspersonernes fikseringer er varighederne mere ensartet med en dertil følgende lavere standardafvigelse.

Tabel 14 - Fikseringsværdier i relation til modkørende for Sortedam Dossering.

Sortedam Dossering							
ID	Gennemkørselstid [s]	Antal modkørende cyklister	Antal modkørende kigget på	Antal fikseringer på modkørende i alt	Gns. varighed af fikseringer på modkørende [ms]	Median varighed af fikseringer på modkørende [ms]	Tot. varighed af fikseringer på modkørende [ms]
C	30,2	11	2 (18 %)	6	333	350	2000
D	23,4	4	4 (100 %)*	5	132*	260	660
E	28,1	6	1 (17 %)	3	500*	240	1499
F	25,7	16	12 (75 %)*	25	303	320	7579
Middel	26,9	9,3	(52,5 %)	-	317	293	-
Std.afv.	2,9	5,4	(42 %)	-	151	51	-

* Grøn = lav værdi; Rød = høj værdi

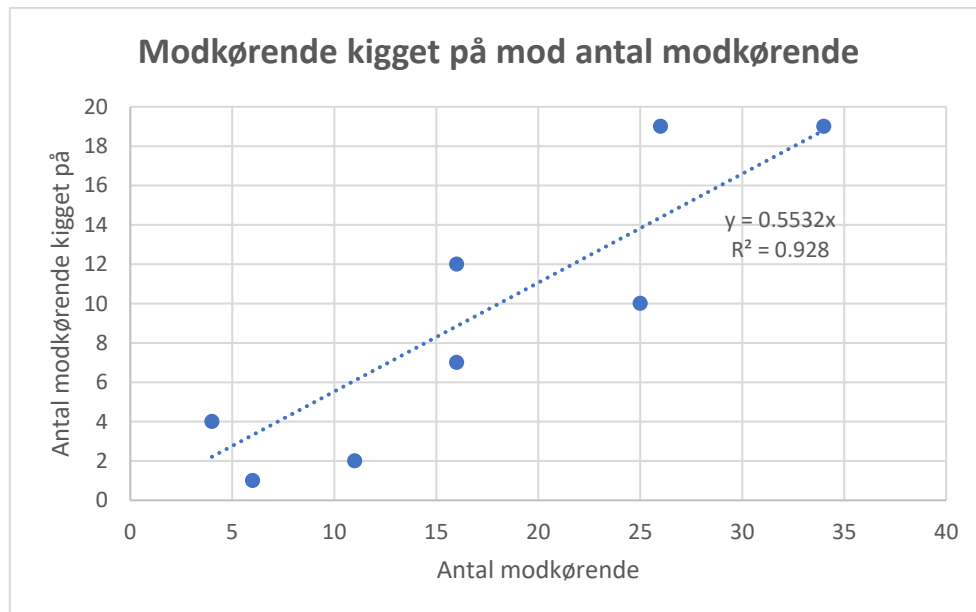
Tabel 14 præsenterer fikseringsdata for Sortedam Dossering relateret til modkørende. Tabellen viser, at forsøgsperson F kigger mere på modkørende end E og C, der kigger cirka lige meget på modkørende. Forsøgsperson D kiggede på alle de modkørende, der blev mødt på strækningen, dog mødte forsøgspersonen D blot 4 modkørende cyklister. De modkørende havde en god tidsmæssig afstand til hinanden, og var derfor nemme at adskille visuelt fra hinanden. Hos forsøgsperson C var der god tidsmæssig afstand mellem de første tre cyklister, der blev mødt på strækningen, mens den tidsmæssige afstand var væsentligt mindre for de næste seks cyklister, der blev mødt. Det samme gjorde sig gældende for de sidste to cyklister, der blev mødt på strækningen. Det er svært at teste om den tidsmæssige afstand mellem cyklisterne har betydning, men der kunne godt være en indikation af dette, da forsøgsperson C blot kiggede på 2 ud af 11 cyklister, der blev mødt på strækningen. Omvendt kan en stor tidsmæssig afstand også betyde, at nødvendigheden af at orientere sig ift. modkørende er lille. Derved trækkes data i den modsatte retning. Generelt ses det, at forsøgsperson C og E procentuelt kiggede på færre af de modkørende de mødte på Sortedam Dossering, hvilket ligeledes gjorde sig gældende for Bryggebroen. Dette kommer ligeledes til udtryk i den høje standardafvigelse

Standardafvigelsen for gennemsnitlig varighed af fikseringer på modkørende påvirkes af forsøgsperson D, der har et gennemsnit der ligger væsentligt under de øvrige forsøgspersoner, og forsøgsperson E, der har en væsentligt højere gennemsnitlig varighed. For forsøgsperson E gjorde det samme sig gældende på Bryggebroen. Ses der i stedet på medianen af forsøgspersonernes fikseringer, er de mere ensartede og standardafvigelsen bliver derved mindre. Dette kan være et udtryk for potentielle outliers i observeret data.

I det følgende præsenteres resultaterne fra de statistiske tests i forbindelse med forsøgspersonernes fikseringer på modkørende. Overordnet testes for, om der kan observeres en statistisk forskel på forsøgspersonernes fikseringer på modkørende mellem de to lokationer. Dette kan være relevant ift. Københavns Kommunes hypotese om, at den manglende midtlinje på Bryggebroen får trafikanterne til at orientere sig mere mod de modkørende. Den anvendte metode til hver enkelt test er beskrevet i afsnit 4.2.4.

5.3.1 Test af sammenhæng mellem antal cyklister mødt og antallet af modkørende kigget på

Den første hypotese der undersøges, er den generelle sammenhæng mellem antallet af cyklister forsøgspersonerne møder, og antallet af modkørende de har kigget på. Her bør der være en lineær sammenhæng mellem antallet af cyklister der mødes og antallet af cyklister der kigges på. Sammenhængen er vist på [Figur 28](#).

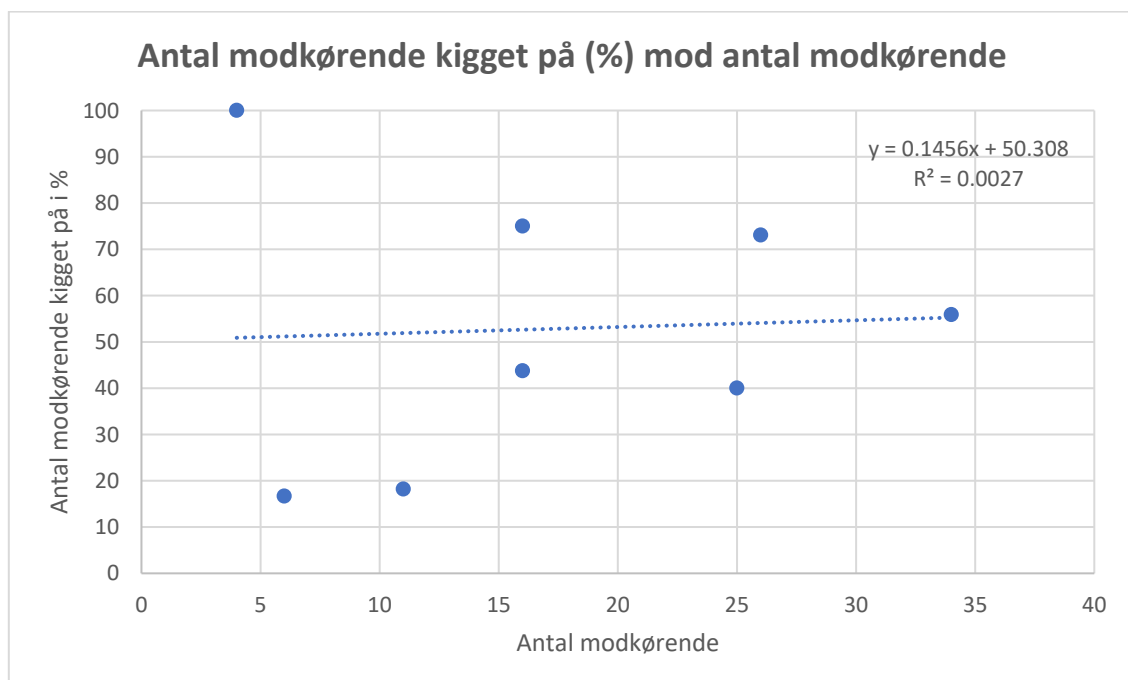


Figur 28 - Plot af modkørende kigget på mod antal modkørende mødt.

Et lineært fit gennem datapunkterne viser en forklaringsgrad på 0,93, hvilket indikerer en lineær sammenhæng. Laves en lineær regressionsanalyse ses, at der er en positiv sammenhæng mellem antallet af modkørende forsøgspersonerne møder, og antallet af modkørende de kigger på ($p < 0,05$).

5.3.2 Test af sammenhæng mellem antallet af modkørende og hvor mange de procentvist kigger på

Et scatterplot, der viser sammenhængen mellem antallet af modkørende, som forsøgspersonerne møder, og den procentdel af disse modkørende forsøgspersonerne kigger på, fremgår af [Figur 29](#).



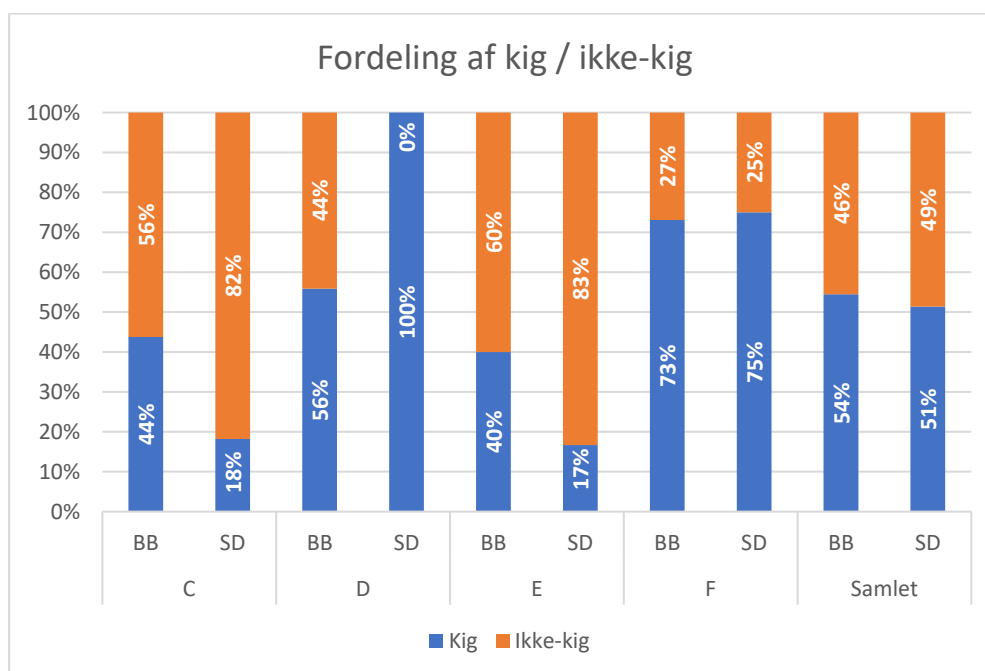
Figur 29 - Antal modkørende kigget på i procent mod antal modkørende mødt.

Her ses en meget lav forklaringsgrad ($R^2 = 0,0027$). Det ville være intuitivt at formode, at jo flere modkørende forsøgspersonerne møder, jo færre når de procentuelt at kigge på. Dette fremgår dog ikke af observationerne. Samtidig kan der argumenteres for, at behovet for at orientere sig ift. modkørende er mindre, jo færre modkørende der mødes. Omvendt vil der være færre at fikse på. Det er svært i dette tilfælde at fjerne eventuelle outliers, da der er meget få datapunkter. På baggrund af denne undersøgelses datagrundlag kan der ikke konstateres en tydelig sammenhæng mellem de to parametre. En mere omfattende analyse med flere forsøgspersoner ville muligvis kunne be- eller afkræfte hypotesen.

Som nævnt tidligere i afsnit 0, lå forsøgsperson C og E generelt lavt procentuelt både for Sortedam Dossering og Bryggebroen. Ses deres data som outliers og fjernes fra testen fås en forklaringsgrad på 0,92, hvilket er acceptabelt. Her ses en antydning af, at forsøgsperson F og D procentuelt får kigget på færre modkørende, jo flere modkørende de møder med en p-værdi på 0,039, hvilket er statistisk signifikant. Omvendt viser data for forsøgsperson C og E, at de umiddelbart får kigget på flere modkørende procentuelt, jo flere modkørende de møder. Dog er dette resultat ikke statistisk signifikant ($p > 0,05$).

5.3.3 Hypotese: Hvorvidt en forsøgsperson kigger på modkørende, er afhængigt af lokation

På [Figur 30](#) fremgår fordelingerne af kig / ikke-kig på modkørende for hver forsøgsperson fordelt på lokation, men også samlet for alle forsøgspersoner for hver lokation.

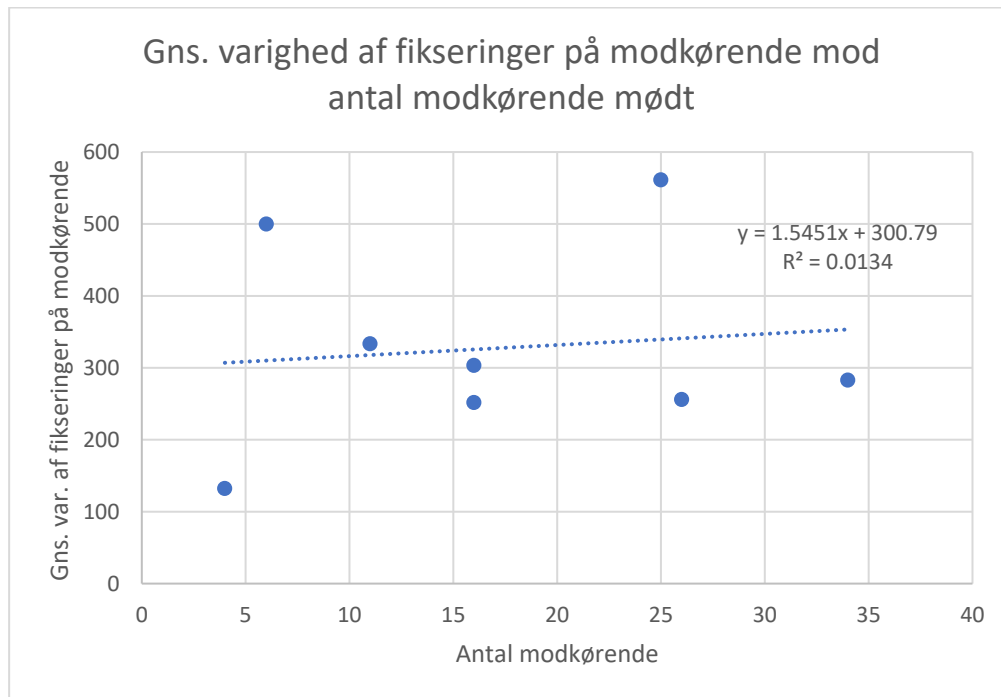


Figur 30 - Fordeling af kig / ikke-kig på modkørende. BB = Bryggebroen, SD = Sortedam Dossering.

Det kunne se ud som om, at der for forsøgsperson C og E ses en umiddelbar afhængighed af lokation, der kan være med til at bekræfte Københavns Kommunes hypotese. Dog gør det modsatte sig gældende for de to øvrige forsøgspersoner. Ses der på den samlede fordelingen af kig / ikke-kig, ses det, at fordelingen er stort set ens for de to strækninger. Testes hypotesen med Fishers Eksakte Test for hver lokation og for hver forsøgsperson accepteres nulhypotesen om, at hvorvidt en forsøgsperson kigger på en modkørende er uafhængigt af lokation ($p > 0,05$). For forsøgsperson C og E, kan dette resultat skyldes, at datagrundlaget er lille.

5.3.4 Test af sammenhæng mellem gns. varighed af fikseringer på modkørende og antallet af modkørende

Figur 31 viser sammenhængen mellem gennemsnitlig varighed af fikseringer på modkørende og antallet af modkørende forsøgspersonerne har mødt.



Figur 31 - Plot af gns. varighed af fikseringer på modkørende mod antal modkørende mødt.

Der er umiddelbart ingen sammenhæng mellem den gennemsnitlige varighed af fikseringer på modkørende og antallet af modkørende forsøgspersonerne har mødt ($R^2 = 0,0008$, $P = 0,95$).

5.4 Oversigt over testudfald fra eye tracking-studiet

Tabel 15 viser en oversigt over udfaldet af de ni statistiske test udført i forbindelse med eye tracking-studiet. Overordnet viser tabellen, at kun én af testene er statistisk signifikant ($p < 0,05$). Denne test bekræfter den generelle sammenhæng mellem antallet af cyklister, forsøgspersonerne møder, og antallet af modkørende, de har kigget på. For yderligere fire test er udfaldet delvist signifikant, hvor p-værdien er signifikant for mindst to af forsøgspersonerne. Dette kan indikere generelle tendenser i forsøgspersonernes orientering, men kan ikke konkludere noget endeligt. Her kan det noteres, at forsøgsperson C og F kigger signifikant mere på midten af cykelstien på Sortedam Dossering, og at de her også kigger signifikant mere på midten per tidsenhed. Det er muligt, at antallet af delvist signifikante testudfald er påvirket af den lille stikprøvestørrelse i forsøget. Udover de kvantitative test kan man med fordel kigge kvalitativt på optagelserne fra forsøget for at få en bedre indsigt i cyklisternes orientering mod midten af cykelstien og modkørende.

Tabel 15 – Opsummering af statistiske test fra eye tracking studiet. Udfaldet af en test klassificeres som 'delvist signifikant' hvis udfaldet er signifikant for mindst 2 forsøgspersoner svarende til 50% af stikprøvestørrelsen.

Fokus	Test	Type	Udfald
Midten	Hvor meget en forsøgsperson kigger på midten af cykelstien er afhængigt af lokation.	Chi2	Delvist signifikant
Midten	Hvor meget en forsøgsperson kigger på midten per tid er afhængigt af lokation.	Poisson	Delvist signifikant
Midten	Er der sammenhæng mellem den gns. varighed af fikseringer på midten og antal modkørende?	Lineær regression	Ikke signifikant
Midten	Den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten er mindre på Bryggebroen end på Sortedam Dossering.	Parret t-test	Ikke signifikant
Midten	Er der sammenhæng mellem antal modkørende og antal fikseringer på midten?	Lineær regression	Ikke signifikant
Modkørende	Er der sammenhæng mellem antal mødte cyklister og antal modkørende kigget på?	Lineær regression	Signifikant
Modkørende	Er der sammenhæng mellem antal modkørende og hvor mange der procentvist bliver kigget på?	Lineær regression	Delvist signifikant
Modkørende	Hvorvidt en forsøgsperson kigger på en modkørende, er afhængigt af lokation.	Chi2	Ikke signifikant
Modkørende	Er der sammenhæng mellem gns. varighed af fikseringer på modkørende og antal modkørende?	Lineær regression	Ikke signifikant

5.5 Forsøgspersonernes orientering ved overhaling

Efter at have kigget statistisk på de indsamlede eye tracking data, er det også relevant at se kvalitativt på, hvad der sker, når forsøgspersonerne overhaler, bliver overhalet, og møder modkørende der overhaler. Det kan være med til at afdække betydningen af en midtlinje i risikofyldte situationer, som overhalinger og kørsel side-om-side. Det giver et unikt indblik i disse situationer, som ligeledes blev afdækket kvantitativt i videoanalysen, hvor det viste sig at andelen af cyklister der krydser midten ved overlap er faldet fra 18 % til 12 %.

For de fire forsøgspersoner er der i alt foretaget 4 overhalinger på Bryggebroen og Sortedam Dossering. Derudover har de oplevet 4 modkørende overhale samt 2 medkørende cyklister. Når der refereres til medkørende, menes der cyklister, der kører i samme retning som forsøgspersonen.

5.5.1 Forsøgspersonernes egne overhalinger

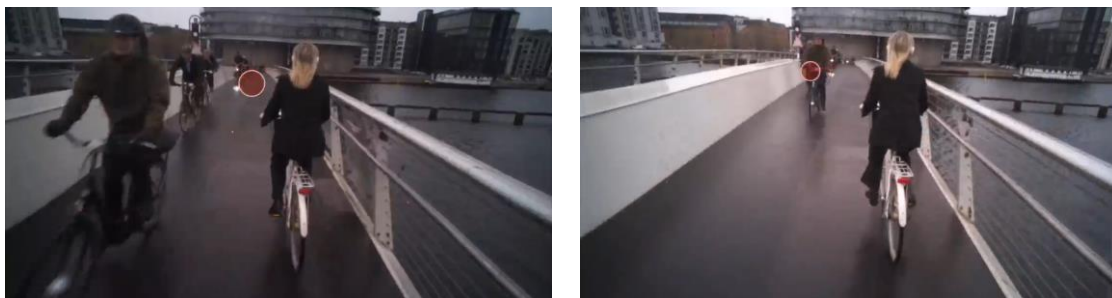
Forsøgsperson D oplever en stillestående cyklist på midten af Bryggebroen, som formentlig har tabt sin kæde. Umiddelbart orienterer D sig primært i forhold til den stillestående cyklist, og orienterer sig blot en enkelt gang ift. modkørende. Inden overhalingen initieres kigger forsøgsperson D ikke efter modkørende cyklister. [Figur 32](#) viser billeder af forsøgsperson D's overhaling på Bryggebroen.



Figur 32 - Fotos af forsøgsperson D's overhaling af stillestående cyklist.

Forsøgsperson E laver også en overhaling på Bryggebroen. Inden E påbegynder sin overhaling, kigger E på en modkørende cyklist og afventer overhaling til den modkørende er cyklet forbi. Under overhalingen kigger E primært omkring midten af cykelstien, men orienterer sig også ift. den cyklist E gerne vil overhale. En af årsagerne til, at forsøgsperson E kigger mod midten af cykelstien kan skyldes, at der på Bryggebroen er en antydning af en opdeling af cykelstien, da asfalten er lagt ud i to striber. Udover at E kigger på midten af cykelstien, kigger E på en modkørende cyklist to gange under overhaling, og er derfor mere opmærksom på modkørende end forsøgsperson D.





Figur 33 - Fotos af forsøgsperson E's overhaling på Bryggebroen.

Forsøgsperson E foretager også en overhaling på Sortedam Dossering. Her kigger E i længere tid på midtlinjen under overhalingen, og har ingen fikseringer på en modkørende cyklist, der ellers kommer relativt tæt på. Forsøgsperson E kigger altså mere på modkørende på Bryggebroen end på Sortedam Dossering, når E skal foretage en overhaling. Dette kan være med til at bekræfte Københavns Kommunes hypotese om, at cyklisterne er mere fokuserede på at være på den rigtige side af midtlinjen end på modkørende.



Figur 34 - Fotos af forsøgsperson E's overhaling på Sortedam Dossering.

Forsøgsperson F foretager også en overhaling på Bryggebroen. F kigger generelt meget på modkørende inden overhaling, men også på midten af cykelstien. Det ses i resultaterne fra eye tracking studiet, at forsøgsperson F generelt kigger meget på modkørende, og i mindre grad på midten.





Figur 35 - Fotos af forsøgsperson F's overhaling på Bryggebroen.

5.5.2 Reaktioner på modkørendes overhaling

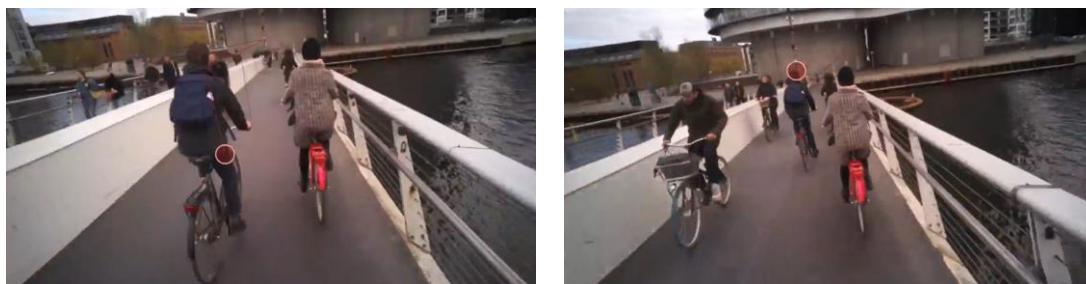
Forsøgspersonerne har alle oplevet at en modkørende overhaler en anden modkørende, og har orienteret sig på følgende måde:

- Forsøgsperson C orienterer sig langt frem på cykelstien.
- Forsøgsperson D fikserer på den overhalende cyklist.
- Forsøgsperson E fikserer flere gange på den overhalende cyklist, og blikket flytter sig hurtigt rundt.
- Forsøgsperson F fikserer en enkelt gang på den overhalende cyklist på Bryggebroen.

Tre ud af fire forsøgspersoner fikserer på den modkørende der overhaler på Bryggebroen. Der er intet sammenligningsgrundlag og antallet af datapunkter er lavt, men de kvalitative observationer kunne tyde på, at cyklisterne er særligt opmærksomme på modkørende, når de cykler på Bryggebroen.

5.5.3 Reaktioner på medkørendes overhaling

Forsøgsperson C og D har begge oplevet at blive overhalet af en medkørende cyklist på Bryggebroen. Forsøgsperson C fikserer flere gange på den overhalende cyklist, som er en 3-hjulet ladcykel. En 3-hjulet ladcykel optager en del plads, og det kan være derfor, at forsøgsperson C er meget opmærksom på ladcyklen. Forsøgsperson D kigger ligeledes flere gange på den medkørende cyklist, der overhaler.



Figur 36 - Fotos af at forsøgsperson D bliver overhalet af en medkørende cyklist.

6. Diskussion

6.1 Resumé af resultater

Formålet med dette projekt har været at undersøge cyklisters adfærd og placering på smalle dobbeltrettede cykelstier ved brug af videoregistrering og eye tracking-teknologi. Baggrunden for studiet er en stigende interesse i cyklisters sikkerhed og optimal udformning af cykelinfrastruktur i byområder. Specifikt søgte dette speciale at besvare hvordan midtlinjer på dobbeltrettede cykelstier påvirker cyklisters adfærd og opmærksomhed. I det følgende sammenfattes og diskuteres resultaterne fra de to undersøgelser for at opnå en generel forståelse af cyklisterne adfærd på Bryggebroen og indvirkningen af den manglende midtlinje.

Hvor placerer cyklisterne sig?

Cyklisterne på Bryggebroen placerer sig 0,5-1,0 m fra kanten af cykelstien, hvilket de også gjorde i 2015, da Trafitec foretog deres observationer. Dette er dog mest tydeligt i retning mod Amager, hvor rækværket skråner ind over cykelstien. De nye observationer viser, at der er en stigning i antallet af cyklister, der placerer sig i intervallet 0-0,5 m fra kanten af cykelstien mod Vesterbro. Denne stigning er især tydelig udenfor myldretiden, hvor der er sket en stigning fra cirka 5 % til 20 %.

Cyklisterne på Bryggebroen placerer sig nogenlunde ens i og uden for myldretiden, hvis cykelstien inddeles i 50 cm intervaller. Inddeles cykelstien derimod i finere intervaller af 25 cm kan en forskel observeres. Cyklisterne placerer sig tættere på midten af cykelstien uden for myldretiden, hvilket muligvis skyldes forskellen i trængselsniveauet i kombination med rækværket, der hælder ind over cykelstien.

Når cyklister med samme retning overlapper, placerer den venstre cyklist sig omkring midten af cykelstien. Efter midtlinjen er blevet fjernet krydser cirka 12 % af cyklisterne ved overlap midten af cykelstien og kommer over i modkørendes bane. Dette tal var 18 % i 2015, hvor broen havde en midtlinje. Dette kan indikere, at den manglende midtlinje påvirker cyklisterne opmærksomhed på modkørende, hvilket stemmer overens med Københavns Kommunes hypotese.

Hvad kigger cyklisterne på?

En af de mest centrale dele af Københavns Kommunes hypotese handler om midtlinjen. Nærmere bestemt, at fjernelsen af midtlinjen vil betyde et øget fokus på modkørende. For to af forsøgspersonerne i eye tracking forsøget ses, at der er en sammenhæng mellem hvilken strækning de cykler på og hvor meget de kigger på midtlinjen. Forsøgsperson C og F har en statistisk signifikant større sandsynlighed for at kigge på midten af cykelstien på Sortedam Dossing. For de to øvrige forsøgspersoner, kunne det ikke afvises at sandsynligheden var ens på begge strækninger. Resultaterne fra dette forsøg bekræfter delvist, at en midtlinje påvirker trafikanternes orientering mod den midterste del af cykelstien, men forsøgspersonerne er splittet i to grupper. Det kan derfor være relevant at lave yderligere forsøg med flere forsøgspersoner for at opnå et retvisende billede.

Generelt ses ingen sammenhæng mellem den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten og antallet af modkørende, ligesom den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten ikke er afhængig af lokation. Derudover er der heller ingen sammenhæng mellem antal fikseringer på midten og antal modkørende. Samlet

set kan dette tyde på, at modkørende cyklister kun i begrænset omfang påvirker trafikanternes opmærksomhed på midtlinjen.

For forsøgsperson C og E er der umiddelbart en sammenhæng mellem hvorvidt de får kigget på en modkørende og hvilken strækning de cykler på. De får procentuelt kigget på flere modkørende på Bryggebroen end på Sortedam Dossering, dog er dette resultat ikke statistisk signifikant. For de to øvrige forsøgspersoner ses ingen afhængighed af lokation.

Forsøgsperson F og D får procentuelt kigget på færre modkørende, jo flere modkørende de møder ($p=0,039$), hvilket kan tyde på, at deres opmærksomhed på modkørende bliver svækket ved høje trafikmængder. Lægges data for alle fire forsøgspersoner sammen er der modsat ingen sammenhæng mellem hvor mange modkørende de møder og hvor mange de procentuelt får kigget på. Dermed kan der ikke konstateres en tydelig sammenhæng mellem antallet af modkørende forsøgspersonerne møder og antallet af modkørende de procentuelt får kigget på med undersøgelsens datagrundlag.

Udover, at der ikke ses en sammenhæng mellem lokation og cyklisternes orientering i forhold til modkørende, ses der heller ikke en sammenhæng mellem den gennemsnitlige fikseringsvarighed og antallet af modkørende forsøgspersonerne har mødt.

Generelt viser eye tracking forsøget ingen tydelig sammenhæng mellem lokation og cyklisternes fokus på modkørende. Disse resultater kan hænge sammen med antallet af forsøgspersoner, der er registreret data for. Der lægges derfor op til at yderligere forsøg med flere forsøgspersoner kan være med til at give et bedre billede af hvordan dette faktisk forholder sig. Særligt fordi det for forsøgsperson C og E ligner, at der er en sammenhæng mellem lokation og orientering i forhold til modkørende, men uden at resultatet er statistisk signifikant.

Forsøgspersonernes orientering ved overhaling

Generelt kigger forsøgspersonerne på modkørende cyklister på Bryggebroen under overhalinger. For forsøgsperson E var der desuden en forskel imellem lokationerne. På Sortedam Dossering fikserede forsøgsperson E ikke på modkørende under overhaling, men på midtlinjen. På Bryggebroen fikserede forsøgsperson E derimod på modkørende under overhaling. Kvalitative observationer fra forsøgsperson E kunne tyde på, at der er en forskel mellem lokationer, og at midtlinjen måske har en betydning for cyklisternes adfærd, men dette kan ikke vises for de øvrige forsøgspersoner.

6.2 Fortolkning af resultater

Dette projekt forsøger at undersøge og dokumentere hvilken rolle midtlinjen, på en smal dobbeltrettet cykelsti, spiller i cyklistadfærd. Det kan være, at den normale fremgangsmåde for afmærkning af dobbeltrettede cykelstier i nogle tilfælde kan have en uønsket effekt på cyklisternes adfærd, hvis deres fokus rettes mere mod midtlinjen end de modkørende, som det er nødvendigt at holde afstand til. Det er interessant at undersøge, da det på mange måder strider imod almindelig intuition.

Projektets resultater viser en tendens til, at cyklisterne er mere fokuserede på afstribningen end på de modkørende trafikanter. Det har vist sig ved, at forsøgsperson C og F er mere fokuserede på midten af cykelstien på Sortedam Dossering, hvor der er en midtlinje. Ligeledes ser der ud til at være en sammenhæng mellem lokation på hvorvidt forsøgsperson C og E får kigget på en modkørende. Udover dette, har resultaterne også

vist at forsøgspersonerne generelt er opmærksomme på modkørende under overhalinger på Bryggebroen. Eksempelvis afventer forsøgsperson E at foretage en overhaling til en modkørende er cyklet forbi. Det kunne altså tyde på, at forsøgsperson E er opmærksom på at holde afstand til modkørende og er bevidst om at cykelstien er smal. Desuden har forsøgsperson E flere fikseringer på modkørende under overhalinger på Bryggebroen, mens E kun fikserer på midtlinjen på Sortedam Dossering og ikke på de modkørende han møder. Ligeledes kigger 3 ud af 4 af forsøgspersonerne på modkørende der overhaler på Bryggebroen, hvilket kan indikere at de er opmærksomme på at holde den nødvendige afstand til modkørende. Dette antydes også ved, at andelen af cyklister der krydser midten af cykelstien ved overlap er faldet siden 2015.

Generelt ses der altså en tendens til at tilstedeværelsen af en midtlinje påvirker cyklisternes adfærd både i forhold til placering på cykelstien, men også i forhold til opmærksomhed, hvilket kan lede til overvejelser om, hvorvidt anbefalingerne til afmærkning af smalle dobbeltrettede cykelstier skal ændres. Der lægges op til yderligere undersøgelser af midtlinjers påvirkning på cyklistadfærd for at få afdækket hvilke anbefalinger, der bør gives til afmærkning af dobbeltrettede cykelstier, og om en fjernelse af midtlinjen på Bryggebroen kan bidrage til at mindske risikoen for kollisioner mellem cyklister.

Det er værd at bemærke, at projektets videoregistrering viser, at rækværket på vandsiden af broen påvirker cyklisternes laterale placering. Dette antyder, at både afstribning og vertikale barrierer bør overvejes i en helhedsvurdering, når vejledninger udformes.

Projektets litteraturstudie har vist, at eksisterende vejledninger for bredden af dobbeltrettede cykelstier i flere europæiske og internationale lande ikke tager højde for meget høj spidstimebelastning, som dem der ses på Bryggebroen. Selvom København Kommunes anbefaling, Cykelfokus 2024, inkluderer dette aspekt er det ikke reflekteret i dimensioneringen af Bryggebroen. Dette skyldes, at Bryggebroen er bygget før de nye retningslinjer, er udarbejdet. Samlet set kan resultaterne fra dette speciale derfor antyde, at mere tilpassede nationale og internationale vejledninger kan blive nødvendige i fremtiden. Dette er især vigtigt for at undgå, at smalle dobbeltrettede cykelstier bliver en flaskehals i storbyers cykelinfrastruktur, hvis antallet af cyklister stiger i fremtiden.

Litteraturstudiet har ligeledes vist, at der er forskellige anbefalinger til afmærkning af dobbeltrettede stier. I Norge må en midtlinje kun benyttes på stier bredere end 2,5 m, men måske dette skulle udvides og ses i sammenhæng med trafikmængden. Dette antydes af resultaterne fra undersøgelserne foretaget i dette speciale. Dvs. at anbefalinger til afmærkning af midten på dobbeltrettede cykelstier i stedet kunne baseres på en helhedsvurdering af trafikmængde og bredde.

I litteraturstudiet blev det fremlagt, at Holland operer med to forskellige typer af midtlinjer, hvoraf den ene (100-200) har en mere vejledende effekt for cyklisterne, som kan medvirke til at cyklisterne cykler tættere på hinanden. Den anden type af midtlinje Holland anbefaler er en 30 cm stribe med 270 cm mellemrum. Den anbefalede afmærkning er markant anderledes end den midtlinje, der anvendes i Danmark, der er 100 cm lang med 100 cm mellemrum. Derfor kunne det alternativt undersøges, hvorvidt en kortere stribe kan have en effekt på cyklisternes placering på cykelstien.

6.3 Styrker og svagheder ved metoden

Dette speciale er baseret på to primære metoder: Videoregistreringer, der fanger cyklisternes faktiske adfærd, og eye tracking-teknologi til indsamling af detaljeret data om deres visuelle opmærksomhed. Dette afsnit diskuterer de væsentligste styrker og svagheder ved de anvendte metoder ift. at studere cyklisters adfærd og placering på Bryggebroen. Dette indgår i en vurdering af pålidelighed og generaliserbarhed af de fundne resultater. Samtidig er det nødvendigt med et overblik over metodernes styrker og svagheder for at vurdere, om lignende metoder vil være nyttige næste gang, Københavns Kommune skal adressere en tilsvarende problemstilling.

Videoregistrering

Der kan være flere forskellige styrker og svagheder forbundet med at lave videoobservationer og sammenligne data med Trafitecs undersøgelse fra 2015. En af styrkerne ved videoregistrering er, at cyklisternes faktiske adfærd og placering på cykelstien kan registreres. Ved at bruge de samme metoder som Trafitec benyttede i 2015, kan resultaterne sammenlignes direkte, hvilket gør det muligt at afdække hvilken indflydelse en midtlinje har på cyklisters adfærd og placering på Bryggebroen. Dog havde det ideelle været, hvis der kunne laves nye videoregistreringer med og uden midtlinje, idet både trafikmængde og andelen af ladcykler samt elcykler er steget i perioden. Desuden ville det også kunne fjerne eventuelle afvigelser mellem hvordan cyklisterne blev registreret i forsøgene. Det er særligt interessant ift. Trafitecs måde at registrere overlap, hvor cyklisterne blev registreret som overlappende, når der var en tidsmæssig afstand mellem to medkørende cyklister på 0,2 sekunder eller mindre. Det har ikke været muligt at genskabe eksakt i dette projekt, hvor overlap i stedet blev registreret ud fra en kvalitativ vurdering.



Figur 37 - Fotos af situationer, der er vurderet som overhalinger.

Indledningsvist blev der forsøgt at finde en time med en trafikmængde svarende til 2015. Det viste sig, at trafikmængden på Bryggebroen mellem 7:05 og 8:05 var omtrent den samme, men retningsfordelingen var markant anderledes. Trafitec havde en retningsfordeling på 51/49 % i 2015, og ud fra de nye optagelser var den sammenlignelige times retningsfordeling cirka 60/40 %. Det betyder, at det kan være svært at sammenligne de to timer, da den ulige retningsfordeling kan påvirke cyklisterne placering på Bryggebroen.

Mens videoregistreringen nøjagtigt kan beskrive forholdene på Bryggebroen, kan resultaterne ikke nødvendigvis generaliseres til andre lokationer eller tidspunkter, da cyklisterne laterale placering kun er undersøgt for én smal dobbeltrettet cykelsti og kun i morgenmyldretiden. I løbet af dagen varierer retningsfordelingen og trafikmængden, hvilket potentielt kan påvirke cyklisterne placering. Derudover kan vejrforhold også have en betydning ift. trafikmængde og cyklisterne hastighed.

Noget der yderligere kunne have påvirket resultaterne, er Bryggebroens nuværende tilstand, da cykelstien er relativt bumpet. Dette er mest udtalt i retning fra Vesterbro mod Amager, hvilket er de cyklister der cykler ned ad bakke (45 % fald). Umiddelbart havde det ikke den store betydning for cyklisterne hastighed, men det kan have påvirket deres lyst til at overhale. Dette aspekt kan ikke undersøges med specialets nærværende forsøgsdesign.

I forlængelse, havde det været ideelt at sammenligne med optagelser fra midten af Bryggebroen, hvor cyklisterne hastighed formentlig ville have været mere ensartet mellem de to retninger. Det ville potentielt vise en mere lige fordeling mellem de to retninger ift. overhalinger.

Eye tracking

En af styrkerne ved eye tracking er, at det kan give en indsigt i hvordan cyklisterne retter deres opmærksomhed i forskellige situationer. Det kan give en indsigt i cyklisterne orienteringsmønstre og beslutningsprocesser under overhalinger og når de møder modkørende. I dette projekt, anvendes metoden specifikt til at undersøge den potentielle rolle som afmærkning spiller ift. trafikanternes opmærksomhed.

Eye tracking er et semi-naturligt studie, hvor forsøgspersonernes adfærd observeres. Det er vigtigt for studiet, at forsøgspersonernes adfærd er så naturlig som muligt under forsøget, for at opnå en høj intern validitet. En høj intern validitet kan være svært at opnå i et eye tracking studie, da selve udstyret gør forsøgspersonerne opmærksomme på, at de deltager i en undersøgelse. Det kan resultere i at forsøgspersonerne f.eks. er mere opmærksomme i trafikken end de normalt ville være, orienterer sig mere og er mindre risikovillige, når de foretager overhalinger.

Projektets tidsbegrænsning har sat rammerne for hvor mange forsøgspersoner, det var muligt at inkludere i forsøget. Forsøgsdata fra tre ud af syv forsøgspersoner måtte forkastes, da deltagerne ikke kunne kalibreres eller indsamlet data ikke havde en tilstrækkelig tracking ratio. Det har resulteret i, at kun fire forsøgspersoner er inkluderet i analysen, hvilket gør det svært at opnå en repræsentativ population, hvor fordelingen af mænd og kvinder er lige og hvor aldersfordelingen er repræsentativ. Mængden af forsøgspersoner er begrænset af en forsøgstid på cirka 1,5 time samt en tidskrævende manuel databehandling. Databehandling skal udføres separat for hver deltager, da f.eks. fladerne, der udgør AOI, skal flyttes og tilpasses til bevægelserne i billedet. En anden udfordring er, at mange forsøgspersoners data forkastes. Lignende studier som Mantuano et al. (2017), måtte også forkaste en stor del af de indsamlede data pga. manglende kvalitet. Vejret har stor indflydelse på kvaliteten af de data der indsamles, ligesom det også har indflydelse på hvor let det er at kalibrere

forsøgspersonerne. Sollys kan blænde cyklisten eller skabe refleksioner på eye tracking udstyret, hvilket kan påvirke nøjagtigheden af målingerne eller gøre, at det er umuligt at kalibrere. Regn kan direkte påvirke sensorernes evne til at fange præcise data, da vanddråber på brillerne kan forstyrre kameraets synsfelt. Derudover kan regn også påvirke cyklistens komfort og syn, hvilket kan ændre blikmønstrene under forsøget. Samlet set stiller dette et stort krav til tilgængelig tid, når et eye tracking skal udføres i et klima som Københavns.

Det formodes at tilmeldingen til forsøget har været påvirket af længden på ruten, som cyklisterne blev bedt om at cykle. Ruten var cirka 10 km lang og kan af nogen opfattes som uoverkommelig. Det er meget muligt, at de cyklister, der melder sig til forsøget, typisk er vant til at cykle længere distancer, ofte cykler og generelt har mere erfaring. Selvom rutens længe, kan resultere i en selektionsbias, er denne rute valgt, da det var vigtigere at have en dobbeltrettet cykelsti med samme bredde som Bryggebroen. Sortedam Dossering, der bruges som reference, ligger cirka 5 km fra Bryggebroen, hvorfor ruten i alt er blev cirka 10 km lang. Udover rutens længde, vil der også være en risiko for, at de personer der melder sig som forsøgsdeltagere har en interesse i forsøget, hvis de f.eks. arbejder med cyklisme til dagligt.

Ligesom ved videoregistreringerne, havde det været en fordel, hvis forsøgspersonerne havde cyklet over Bryggebroen to gange, én gang med midtlinje og én gang uden, så resultaternes validitet havde været højere. Da de to forsøgsstrækninger er forskellige ift. trafikmængder og udformning, kan forskelle mellem de to strækninger potentielt være påvirket af andre forhold end midtlinjen, som f.eks. trafikmængde og forskelligheder i vertikale barrierer langs cykelstierne.

Det skal bemærkes, at forsøgspersonerne cykler en rute de ikke er vant til at cykle til daglig. Det er ikke deres sædvanlige tur til/fra arbejde/skole. Derved er det muligt, at de ikke agerer helt på samme måde, som de cyklister, der dagligt benytter broen til pendling. Det kan betyde, at forsøgspersonerne ikke overhaler i samme grad, da de ikke har samme behov for at være et bestemt sted til et bestemt tidspunkt. Dog blev det observeret, at flere af forsøgspersonerne foretog overhalinger under forsøget.

En af de vigtigste metodiske overvejelser i eye tracking forsøget, har været at sikre, at forsøgspersonerne vidste så lidt som overhovedet muligt om hvad forsøget gik ud på. Hvis forsøgsdeltagerne f.eks. ved at forsøget handler om midtlinjen, så kan det være, at de utilsigtet vælger at fokusere mere på denne på Sortedam Dossering end de normalt ville have gjort. Forsøgsdeltagerne har på forhånd fået sparsomme detaljer omkring forsøget, og ved kun at det handler om cyklisters orientering.

Eye tracking-metoden muliggør undersøgelse af parametre, der ikke kan måles med normal videoregistrering. Imidlertid kræver metoden betydelig tid til indsamling og behandling af data. Disse faktorer skal afvejes mod anvendeligheden af resultaterne og nødvendigheden af at kende trafikanternes detaljerede visuelle orientering for at adressere den specifikke problemstilling.

7. Konklusion

Formålet med dette projekt har været at undersøge og dokumentere, hvilken rolle midtlinjen spiller i forhold til cyklistadfærd og -sikkerhed på smalle dobbeltrettede cykelstier. Overordnet, er projektet baseret på en antagelse om, at cyklistadfærd kan forklares som en sum af hvor cyklisten placerer sig på stien, og hvor de orienterer sig hen. For at undersøge dette, blev en kombination af videoregistrering og eye tracking anvendt for at belyse problemstillingen fra en ny vinkel. Projektet er motiveret af Københavns Kommunes hypotese om, at midtlinjen på smalle, dobbeltrettede cykelstier kan mindske cyklistsikkerheden, idet den leder trafikanternes fokus mod linjen frem for modkørende cyklister.

Eye tracking-studiet viser, at cyklister på Sortedam Dossering, som har en midtlinje, har tendens til at fokusere mere på denne end på modkørende trafikanter. Sammenlignet med Bryggebroen, indikerer resultaterne en forskel mellem de to lokationer i hvor meget forsøgspersonerne fokuserer mod stiens midte. Dertil viser videoregistreringer fra Bryggebroen, at cyklisterne krydser midten af cykelstien mindre under overhaling, efter midtlinjen er blevet fjernet. Dette kan tyde på øget bevidsthed om at bevare afstand til modkørende på den smalle sti. Tilsammen viser de to forsøg, at forsøgspersonerne udviste forskellig adfærd på smalle dobbeltrettede cykelstier afhængigt af midtlinjens tilstedeværelse. Det er en indikation på, at midtlinjen har indflydelse på cyklistadfærd og derved også potentielt cyklistsikkerhed. Baseret på disse fund kan projektets to hovedforsøg underbygge Københavns Kommunes hypotese. Resultaterne tyder på, at fjernelse af midtlinjer på smalle dobbeltrettede cykelstier kan forbedre cyklistadfærden ved at øge opmærksomheden på modkørende og reducere kollisionsrisikoen. Den tidligere midtlinje kan potentielt have været en faktor i tidligere ulykker og nærvæde-ulykker på Bryggebroen, men denne sammenhæng er ikke blevet direkte undersøgt i projektet.

Projektets litteraturstudie viser, at nuværende nationale vejledninger for bredden af dobbeltrettede cykelstier ikke tager hensyn til meget høje trafikbelastninger, som dem observeret på Bryggebroen. Set i forhold til registreringer af ulykker på denne lokation, indikerer dette, at fremtidige nationale retningslinjer skal tilpasses bedre til de lokale forhold og trafikmængder. Fra et dansk perspektiv kan der med fordel hentes inspiration fra "Cykelfokus 2024", et sæt nye retningslinjer udarbejdet af Københavns Kommune. Disse tager højde for store trafikmængder og den indflydelse, som vertikale barrierer har på den effektive bredde af dobbeltrettede cykelstier. For en dobbeltrettet cykelsti med Bryggebroens spidsbelastning anbefaler disse retningslinjer en minimumsbredde på 5,6 meter, hvilket indikerer, at broen er underdimensioneret i forhold den nuværende spidsbelastning.

En udvidelse af den smalle dobbeltrettede cykelsti på Bryggebroen er vanskelig inden for broens nuværende rammer. Projektets resultater tyder dog på, at ændringer i stiens afmærkning og broens gelænder på vandsiden kan medvirke til mere afstand mellem de modkørende cyklister på den smalle bro. Især ser fraværet af en midtlinje ud til at ændre cyklisternes placering og orientering på måder, der potentielt kan nedbringe ulykkesrisikoen. Der er behov for yderligere undersøgelser for at kunne forstå midtlinjens påvirkning fuldt ud og udvikle mere tilpassede nationale og internationale vejledninger. Med et forventet stigende antal cyklister i fremtiden er sådanne undersøgelser afgørende for at sikre cyklisters sikkerhed og undgå, at smalle dobbeltrettede cykelstier bliver flaskehalse i storbyernes cykelinfrastruktur.

8. Litteraturliste

- Aumann, Peter., Tony. Arnold & Austroads Sidney. (2021): *GUIDE to road design Part 6A : Paths for Walking and Cycling*, Austroads.
- Austroads (2024): About Austroads, available at: <https://austroads.com.au/about-austroads> (accessed 5 March 2024).
- Buch, T.S. & S.U. Jensen (2015): *Dobbeltrettede Cykelstier Observation Af Cyklister Placering Og Flow*, available at: www.trafitec.dk.
- Carter, B.T. & S.G. Luke (2020): Best practices in eye tracking research. *International Journal of Psychophysiology*, Elsevier B.V., Vol. 155:, pp. 49–62.
- Det Britiske Parlament (2016): *The Traffic Signs Regulations and General Directions 2016*, available at: <http://tsrgd.co.uk/>.
- Garcia, A., F.A. Gomez, C. Llorca & A. Angel-Domenech (2015): Effect of width and boundary conditions on meeting maneuvers on two-way separated cycle tracks. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 78:, pp. 127–137.
- Great Britain. Department for Transport. (2020): *Cycle infrastructure design*, available at: <https://www.gov.uk/government/publications/cycle-infrastructure-design-ltn-120> (accessed 26 February 2024).
- Hammer de Jong, P. (2023): *OM BRYGGEBOEN*.
- Holmboe, J. & H.T. Thomsen (2023): Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning. *Retsinformation*, 13 April, available at: <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2023/426> (accessed 26 February 2024).
- Khan, S.I. & W. Raksuntorn (2001): *Characteristics of Passing and Meeting Maneuvers on Exclusive Bicycle Paths*, available at: <https://doi.org/10.3141/1776-28> (accessed 27 February 2024).
- Københavns Kommune (2018): *Manuel Tælling - Sortedam Dossering*, available at: https://kk.sites.itera.dk/apps/kk_trafik/pdf/dadJpB4DzJ.pdf (accessed 15 April 2024).
- Københavns Kommune (2022): *Manuel Tælling - Bryggebroen*, available at: https://kk.sites.itera.dk/apps/kk_trafik/pdf/i5vKkGDcLo.pdf (accessed 8 April 2024).
- Københavns Kommune (2024): *Cykelfokus 2024 Københavns Kommunes Retningslinjer for Cykel-Og Vejprojekter*.

- Lawrence Goozee (2024): Bicycle Usage Statistics by Country (Analysis). *Discerning Cyclist*, 15 January, available at: <https://discerningcyclist.com/bicycle-usage-statistics-by-country/> (accessed 3 June 2024).
- Mantuano, A., S. Bernardi & F. Rupi (2017): Cyclist gaze behavior in urban space: An eye-tracking experiment on the bicycle network of Bologna. *Case Studies on Transport Policy*, Elsevier, Vol. 5:2, pp. 408–416.
- National Association of City Transportation Officials (2024): Two-Way Cycle Tracks . *NACTO*, available at: <https://nacto.org/publication/urban-bikeway-design-guide/cycle-tracks/two-way-cycle-tracks/> (accessed 4 March 2024).
- NZ Transport Agency (2024): Separated cycleways. *New Zealand Government*, available at: <https://www.nzta.govt.nz/walking-cycling-and-public-transport/cycling/cycling-standards-and-guidance/cycling-network-guidance/designing-a-cycle-facility/between-intersections/separated-cycleways/> (accessed 27 February 2024).
- Schepers, P., E. Theuwissen, P. Nuñez Velasco, M. Nabavi Niaki, O. van Boggelen et al. (2023): The relationship between cycle track width and the lateral position of cyclists, and implications for the required cycle track width. *Journal of Safety Research*, Elsevier Ltd, Vol. 87:, pp. 38–53.
- Statens vegvesen (2021): N302 Vegoppmerking.
- Statens vegvesen (2023): *N100 Veg-Og Gateutforming VEGNORMAL N100*.
- Straßenentwurf, A. (2010): *Empfehlungen Für ERA*.
- Tobii (2023a): Types of eye movements, 1 June, available at: https://connect.tobii.com/s/article/types-of-eye-movements?language=en_US (accessed 10 April 2024).
- Tobii (2023b): *Tobii Pro Glasses 2 User Manual*.
- Tobii (2023c): Understanding Tobii Pro Lab’s eye tracking metrics. *Tobii Connect*, 19 June, available at: https://connect.tobii.com/s/article/understanding-tobii-pro-lab-eye-tracking-metrics?language=en_US (accessed 15 April 2024).
- Tobii (2024): How do Tobii eye trackers work?, 9 January, available at: https://connect.tobii.com/s/article/How-do-Tobii-eye-trackers-work?language=en_US (accessed 10 April 2024).
- Trafitec (2013): *Løsninger for Cykel*, available at: www.trafitec.dk.
- Transportministeriet (2016): Bekendtgørelse om cyklers indretning og udstyr m.v. *Retsinformation.Dk*, 28 June, available at: <https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2016/976> (accessed 4 June 2024).

- Vansteenkiste, P. (2015): *The Role of Visual Information in the Steering Behaviour of Young and Adult Bicyclists*, available at: <https://www.researchgate.net/publication/278023006>.
- Vejdirektoratet (2019): *TVÆRPROFILER I BYER- ANLÆG OG PLANLÆGNING*, available at: <https://vejregler.dk/h/7e0fba84-06dd-483b-898a-c7b3e3affaa1/vd20190006?showExact=true> (accessed 26 February 2024).
- Vejdirektoratet (2020): *AFMÆRKNING PÅ KØREBANEN, LÆNGDEAFMÆRKNING - ANLÆG OG PLANLÆGNING*, available at: <https://vejregler.dk/h/7e0fba84-06dd-483b-898a-c7b3e3affaa1/vd20190094?showExact=true> (accessed 26 February 2024).
- Vejdirektoratet (2023a): *GRUNDLAG FOR UDFORMNING AF - ANLÆG OG PLANLÆGNING*, available at: <https://vejregler.dk/h/7e0fba84-06dd-483b-898a-c7b3e3affaa1/c624a4f4d3b94881864ab1c066494ed0> (accessed 26 February 2024).
- Vejdirektoratet (2023b): Elcyklen er på vej til at blive vores foretrukne cykel. *Pressemeddelelse*, 21 March, available at: <https://www.vejdirektoratet.dk/pressemeddelelse/2023/elcyklen-er-paa-vej-til-blive-vores-foretrukne-cykel> (accessed 15 April 2024).
- Vejdirektoratet (2024): Om Vejman. *Vejman.Dk*, 21 May, available at: <https://www.vejman.dk/section/om-vejmandk> (accessed 3 June 2024).
- Veroude, B., M. van Gorp & O. van Boggelen (2022a): *Geactualiseerde Aanbevelingen Voor de Breedte van Fietspaden 2022*.
- Veroude, B., M. van Gorp & O. van Boggelen (2022b): *Geactualiseerde Aanbevelingen Voor de Breedte van Fietspaden 2022*.
- Wolters, S., M. Van & G. Crow (2022): *Geactualiseerde Aanbevelingen Voor Markering Op Fietspaden 2022*.

Appendiks

Appendiks 1: Litteraturstudie

Appendiks 2: Værktøj Holland bruger til at bestemme bredder af cykelstier

Appendiks 3: Rekrutteringsopslag

Appendiks 4: Statistiske Beregninger Eye Tracking

Appendiks 1 – Litteraturstudie

Litteraturstudiet har til formål at gennemgå eksisterende litteratur indenfor området cyklistadfærd. Helt specifikt fokuserer litteraturstudiet på følgende fire undersøgelsesspørgsmål:

1. Hvilke anbefalinger og krav findes i Danmark og andre lande til bestemmelse af bredder og afmærkning af dobbeltrettede cykelstier?
2. Hvilken rolle spiller afmærkning på cyklistadfærd?
3. Hvordan placerer cyklister sig på dobbeltrettede cykelstier af forskellige bredder og trafikmængder?
4. Hvilke metoder kan benyttes til undersøgelse af cyklisters adfærd på dobbeltrettede cykelstier?

Undersøgelsesspørgsmålene tager afsæt i Københavns Kommunes hypotese nævnt i [afsnit 1.1](#).

Før litteratursøgningerne iværksættes oplistes en række søgetermer, der kombineres på kryds og tværs med forskellige operatoren som AND og NOT. Ligeledes benyttes trunkering, når to ord hænger sammen. Ofte er det ord der på dansk ville være sat sammen til ét. Fx ville vi på dansk skrive cykelsti og på engelsk kunne det fx skrives som "cycle track", altså i to ord. Der er søgt i flere forskellige databaser, specifikt ScienceDirect og TRID, samt i Trafitecs publikationer pga. forhåndskendskab til, at de havde foretaget undersøgelser på Bryggebroen tidligere. For hver søgning listes resultater samt hvor mange af disse der sorteres fra, hvor mange der læses igennem og hvor mange der findes relevante.

Krav og anbefalinger til bredder og afmærkning af dobbeltrettede cykelstier

Det første undersøgelsesspørgsmål, der handler om forskellige landes anbefalinger og krav til bredder og afmærkning, er besvaret ved hjælp af Trafitec (2013), der beskriver krav og anbefalinger til cykelfaciliteter i Danmark, Holland, Tyskland og Storbritannien. Heri er bl.a. nævnt regelværker og lignende publikationer fra de fire lande, der angiver krav og anbefalinger. Derfor blev de nævnte publikationer brugt til at undersøge nuværende krav til cykelfaciliteter. Krav og anbefalinger nævnt i (Trafitec, 2013) er ikke benyttet, da undersøgelsen er mere end 10 år gammel, og det derved forventes, at regelværk og anbefalinger er blevet opdateret siden udgivelsen af artiklen. Udover brug af artiklen er der søgt mere generelt på Google for at finde frem til krav og anbefalinger. Fx er følgende søgestreng benyttet til at undersøge hvilke krav og anbefalinger der er til bredden af en dobbeltrettet cykelsti i Australien: "width of two way cycle track Australia". Herved fremkommer bl.a. "Bike Lane Design Guidelines" af regeringen i Melbourne samt "Summary of Design Principles for Good Bicycle Infrastructure" skrevet af regeringen i New South Wales. Derudover fremkommer også hjemmesiden Austroads, der er en sammenslutning af Australiske og New Zealandske transportagenturer, der repræsenterer alle regeringerne i Australien og New Zealand (Austroads, 2024). På Austroads findes bl.a. "Guide to Road Design", hvoraf "Part 6A: Paths for Walking and Cycling" angiver anbefalinger til bredder af dobbeltrettede cykelstier i Australien.

Med udgangspunkt i (Trafitec, 2013) blev de fire lande Danmark, Holland, Storbritannien og Tyskland udvalgt til studiet. Derudover blev Australien, New Zealand og U.S.A. udvalgt, da de bl.a. bliver nævnt i flere artikler, der omhandler cyklistadfærd. I tillæg til disse lande blev også Norge udvalgt, da de er en del af Skandinavien, og det derfor er interessant at se hvilke forskelle der er imellem Danmark og Norge, når det kommer til anbefalinger af stibredder.

Hvilken rolle spiller afmærkning på cyklistadfærd?

Formålet med dette spørgsmål er at afdække om der findes tidligere studier, der kan be- eller afkræfte Københavns Kommunes hypotese om, at cyklister er mere fokuserede på at være på den rigtige side af den hvide stribe end at holde afstand til modkørende.

Tabel 16 viser hvilke kombinationer af søgetermer der er brugt samt hvor mange resultater der er fremkommet på baggrund af søgningen, hvor mange af artiklerne der er blevet frasorteret samt hvor mange der er blevet gennemlæst og herefter er blevet anset for at være relevante.

Tabel 16 - Litteratursøgning relateret til cyklistadfærd og afmærkning.

Database	Søgestreng	Resultater	Frasorteret	Gennemlæst	Relevante
ScienceDirect	"cyclist behavior" AND markings	115	115	3	2*
	"cycle track" AND "centre line"	27	27	0	0
	"cycle track" AND markings	206	206	3	2*
	"cycle path" AND "centre line"	26	26	0	0
	"two way cycle track" AND markings	18	16	2	2*
TRID	"cyclist behavior" AND markings	4	3	1	0
	"cycle track" AND markings	53	53	0	0

** Disse to resultater lægger sig op ad den næste analyse. Generelt er disse to artikler gået igen i mange af søgningerne.*

Det fremgår af **Tabel 16**, at der er benyttet mange forskellige søgekombinationer, men at det ikke har været muligt at finde relevante artikler, hvori både afmærkning og cyklister indgår. Mange af de fremkomne artikler handler i stedet om motorkøretøjer der overhaler cyklister.

Cyklisters placering på dobbeltrettede cykelstier af forskellig bredde og trafikmængde

Formålet med dette litteraturstudie er at undersøge eksisterende viden indenfor cyklistadfærd med særligt fokus på cyklisters placering på dobbeltrettede cykelstier af forskellig bredde. Det kan bidrage til at undersøge cyklisterne forhold til modkørende, og afdække cyklisters adfærd ved smalle cykelstier.

Til at undersøge dette bruges forskellige søgetermer og kombinationer af søgetermer. **Tabel 17** viser hvilke søgetermer der er brugt i de forskellige databaser samt hvor mange af de fremkomne artikler, der er relevante.

Tabel 17 - Litteratursøgning relateret til bredde af cykelstier og cyklistadfærd.

Database	Søgestreng	Resultater	Frasorteret	Gennemlæst	Relevante
ScienceDirect	"cycle track" AND width	383	376	7	4
	"meeting ma- neuvers" AND "cyclists"	6	4	2*	2*
TRID	"cycle track" AND width	56	54	2**	2**
Trafitec	"Trafikantad- færd"	167	161	6	3

* Disse to artikler er gengangere. Søgningen blev lavet på baggrund af resultater fra den første søgning i ScienceDirect.

** Disse to artikler fremkom også på ScienceDirect, og er derfor reelt gengangere.

Metoder til undersøgelse af cyklistadfærd

Dette litteraturstudie bygger bl.a. på fund fra de forrige litteraturstudier, da der her bliver taget fat i metoder nævnt i de udvalgte artikler. Disse metoder danner baggrund for valg af metode til undersøgelse af Københavns Kommunes hypotese nævnt i [afsnit 1.1](#).

Appendiks 2 – Værktøj Holland bruger til at bestemme bredder af cykelstier

Bredden af cykelstier bestemmes ud fra to hovedprincipper, der omhandler minimal bredde og maksimalt antal ukomfortable og farlige møder. Det første af de to principper referer til den bredde, der mindst kræves for at to cyklister kan cykle side om side. Det andet princip henviser til det maksimale antal ukomfortable og farlige møder en cyklist kan møde på cykelstien, som f.eks. overhalingsmanøvrer og interaktioner med øvrige cyklister.

1. Hindringsfri zone: Begge sider af cykelstien bør have en hindringsfrizone på mindst 50 cm, da hindringer minimerer den effektive bredde af cykelstien.
2. Højdeforskel: Højdeforskel som f.eks. kantstene bør være mindre end 5 cm. Hvis der er større forskel, bør der tillægges 25 cm til bredden.
3. Fodgængerbrug: Hvor cykelstien benyttes af fodgængere og løbere, og der ikke findes en separat fodgængersti bør der tillægges 100 cm til bredden.
4. Interaktioner med andre brugere: Den ønskede bredde af en cykelsti bestemmes ved at overveje den mindste bredde, der er nødvendig for sikker og behagelig cykling, samt det maksimale antal interaktioner med øvrige trafikanter. Faktorer som tilstedeværelsen af motoriserede knallerter og hyppigheden af møder med øvrige trafikanter påvirker den anbefalede bredde.
5. Krav til "Topsegmentet": For høj kvalitets regionale cykelruter, svarende til de danske supercykelstier, gives separate breddeanbefalinger. F.eks. bør dobbeltrettede cykelstier have en minimumsbredde på 4,0 m for at sikre tilstrækkelig afstand mellem mødende cyklister.

Appendiks 3 – Rekrutteringsopslag

Forsøgspersoner blev bl.a. rekrutteret gennem LinkedIn. Følgende opslag blev delt af professorer fra Aalborg Universitet, herunder vejleder, samt samarbejdspartnere hos Københavns Kommune:

Hej cyklist i København! Vil du bidrage til ny viden om, hvordan cyklister orienterer sig i trafikken i København og er du frisk på at cykle en tur i byen med eye-tracking-briller på? Så se her:

Lea Jeanette Hansen, der studerer Veje og Trafik på Aalborg Universitet, søger engagerede forsøgspersoner til et spændende projekt, der fokuserer på cyklisters orientering i trafikken. Deltagelse i projektet indebærer cykling af en forudbestemt rute på cirka 10 km, hvor du vil bære eye-tracking briller for at registrere dine øjenbevægelser under kørslen.

Lea søger deltagere, der:

- Ikke bruger briller eller kontaktlinser til daglig eller lider af øjensygdomme
- Er villige til at afsætte cirka 1 time til selve cykelturen og 0,5 time til kalibrering af udstyr
- Er i stand til at cykle en længere tur på 10 km
- Er tilgængelige efter påske til at deltage i projektet

Du vil blive instrueret i brugen af eye-tracking-udstyret, og der vil blive afsat tid til kalibrering før cykelturen påbegyndes. Optagelserne vil blive behandlet i overensstemmelse med GDPR-regler for databeskyttelse.

Lea søger cirka 5-6 forsøgspersoner til projektet, gerne med forskellig alder, køn og cykel erfaring.

Ved at deltage i projektet bidrager du direkte til et speciale, der undersøger cyklisters sikkerhed og orientering i trafikken. Du får også muligheden for at prøve avanceret teknologi og være en del af et spændende projekt.

Hvis du er interesseret i at deltage, bedes du kontakte Lea Jeanette Hansen på e-mail: lhans22@student.aau.dk for nærmere aftale omkring tidspunktet for forsøget. Lea planlægger at afholde forsøget under rimelige trafikforhold for et realistisk forsøg.

I Trafiksikkerhedsteamet i Københavns Kommune støtter vi op om projektet. Det kan bidrage med ny viden, der kan gøre os klogere på, hvordan vi indretter byen, så den er mest trafiksikker for byens cyklister.

På forhånd tak for din hjælp!

Appendiks 4 – Statistiske Beregninger Eye Tracking

I det følgende præsenteres beregninger for de statistiske analyser benyttet til at teste hypoteser omkring cyklisternes orientering ift. modkørende og midtlinjen.

Det fulde datasæt findes i regnearket "Eye tracking data", og er vedlagt som Excel-fil på Digital Eksamen.

A4.1 Midtlinjen

I det følgende præsenteres statistiske beregninger for hypoteser relateret til midtlinjen.

A4.1.1 Hypotese: Hvor meget en forsøgsperson kigger på midten af cykelstien, er afhængigt af lokation

Hypotese: Antal gange en forsøgsperson kigger på midten af cykelstien er afhængigt af lokation.

0-hypotese: Antal gange en forsøgsperson kigger på midten af cykelstien er uafhængigt af lokation.

Denne hypotese testes med chi2, der tester hvorvidt der er afhængighed mellem rækkeinddeling og søjleinddeling. Nedenstående udklip viser observerede data, forventede antal under nul-hypotesen samt chi2-bidraget til teststørrelsen for hver forsøgsperson, men også sammenlagt for alle forsøgspersonerne.

Lagt sammen				Forventede				Chi2 Bidrag			
Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	n	Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	n	Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	sum
SD	28	262	290	BB	22	268	290	BB	1.7075	0.1394	1.8469
BB	20	326	346	SD	26	320	346	SD	1.4311	0.1168	1.5480
n	48	588	636	n	48	588	636	sum	3.1386	0.2562	3.3948
C				Forventede				Chi2 Bidrag			
Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	n	Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	n	Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	sum
SD	11	61	72	BB	6	66	72	BB	3.2666	0.3198	3.5864
BB	3	82	85	SD	8	77	85	SD	2.7670	0.2709	3.0379
n	14	143	157	n	14	143	157	sum	6.0336	0.5907	6.6243
D				Forventede				Chi2 Bidrag			
Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	n	Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	n	Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	sum
SD	1	63	64	BB	2	62	64	BB	0.5489	0.0183	0.5672
BB	5	117	122	SD	4	118	122	SD	0.2879	0.0096	0.2975
n	6	180	186	n	6	180	186	sum	0.8368	0.0279	0.8647
E				Forventede				Chi2 Bidrag			
Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	n	Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	n	Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	sum
SD	10	72	82	BB	12	70	82	BB	0.4301	0.0759	0.5060
BB	11	47	58	SD	9	49	58	SD	0.6080	0.1073	0.7153
n	21	119	140	n	21	119	140	sum	1.0381	0.1832	1.2213
F				Forventede				Chi2 Bidrag			
Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	n	Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	n	Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	sum
SD	6	66	72	BB	3	69	72	BB	2.2227	0.1066	2.3293
BB	1	80	81	SD	4	77	81	SD	1.9757	0.0947	2.0705
n	7	146	153	n	7	146	153	sum	4.1984	0.2013	4.3997

Eksempel på beregning af forventede data for forsøgsperson F:

Forventede – Forsøgsperson F			
Lokation	Midten = 1	Ikke-midten = 0	n (=SUM)
BB	$7 \cdot 72 / 153 = 3$	$146 \cdot 72 / 153 = 69$	72
SD	$7 \cdot 81 / 153 = 4$	$146 \cdot 81 / 153 = 77$	81
n (=SUM)	7	146	153

Chi2-bidraget beregnes cellevist på følgende måde: $(OBS - FORV)^2 / FORV$.

Bidraget måler afvigelsen mellem observerede data og forventede data relativt til de forventede. På baggrund af dette beregnes chi2-teststørrelsen som summen af cellernes bidrag, og er fordelt med 1 frihedsgrad. Antal frihedsgrader beregnes som (antal rækker – 1) * (antal søjler – 1).

Beregne p-værdier og Fishers Eksakt fremgår af nedenstående tabel:

Forsøgsperson	P-værdi	Fishers Eksakt
Sammenlagt	0,065	0,072
C	0,010	0,012
D	0,352	0,666
E	0,269	0,338
F	0,036	0,052

Når forventede antal ikke er over 5 benyttes det alternative Fishers Eksakte Test. Her er hypotesen og nulhypotesen det samme som for chi2-testet.

Konklusion: For forsøgsperson C og F accepteres hypotesen om, at antal gange en forsøgsperson kigger på midten af cykelstien er afhængigt af lokation ($p < 0,05$). For forsøgsperson D og E accepteres nulhypotesen om at antallet af gange de kigger på midten, er uafhængigt af lokation ($p > 0,05$).

A4.1.2 Test af sammenhængen mellem antal fikseringer på midten og eksponering (tid)

Hypotese: Der er forskel imellem lokationer på, hvor meget en forsøgsperson kigger på midtlinjen.

0-hypotese: Der er ingen forskel imellem lokationer på, hvor meget en forsøgsperson kigger på midtlinjen.

Til at teste denne hypotese benyttes Poissonfordelingen, hvor der kigges på antal fikseringer på midten per sekund (gennemkørselstid). Estimatet af tætheden er $\hat{\lambda} = d/T$, hvor d = antal fikseringer, og T = gennemkørselstiden (den tid det tager at gennemkøre strækningen). Beregningerne i Poissonfordelingen fremgår af udklippet herunder.

Lagt sammen								
Lokation	d	T	λ	ARR	SE(ln(λ))	z	P	Type
BB	20	146.8	0.14	1.9114	0.2928	-2.2128	0.0269	(Poisson)
SD	28	107.5	0.26					
Konklusion: Der er statistisk signifikant forskel mellem tæthederne på de to lokationer (p=0.0269).								
C								
Lokation	d	T	λ	ARR	SE(ln(λ))	z	P	
BB	3	36	0.08	4.3079	0.6513	2.2422	0.0249	(Poisson)
SD	11	30.2	0.36					
Konklusion: Der er statistisk signifikant forskel mellem tæthederne på de to lokationer (p=0.0249).								
D								
	d	T	λ	ARR	SE(ln(λ))	z	P	
BB	5	46	0.11	0.3911	1.0954	-0.8569	0.3915	(Poisson)
SD	1	23.4	0.04					
Konklusion: Det kan ikke afvises at tæthederne mellem de to lokationer er ens (p = 0.3915).								
E								
	d	T	λ	ARR	SE(ln(λ))	z	P	
BB	11	33	0.34	1.0617	0.4369	0.1370	0.8910	(Poisson)
SD	10	28.1	0.36					
Konklusion: Det kan ikke afvises at tæthederne mellem de to lokationer er ens (p=0.891).								
F								
	d	T	λ	ARR	SE(ln(λ))	z	P	
BB	1	33	0.03	7.5998	1.0801	1.8777	0.0604	(Poisson)
SD	6	25.7	0.23					
Konklusion: Der er en tendens til forskel mellem tæthederne på de to lokationer (p=0.0604).								

Ratioen af tæthederne arbejdes der med på ln-skala. Derfor beregnes standarderror, SE, som:

$$SE\left(\ln\left(\frac{\hat{\lambda}_2}{\hat{\lambda}_1}\right)\right) = \sqrt{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}}$$

z-teststørrelsen beregnes ligeledes på ln-skala som:

$$z = \frac{\ln\left(\frac{\hat{\lambda}_2}{\hat{\lambda}_1}\right) - \ln\left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)}{\sqrt{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}}}$$

P-værdien beregnes vha. følgende formel i Excel:

$$P = 2 \cdot (1 - \text{STANDARD.NORM.FORDELING}(\text{ABS}(Z); 1))$$

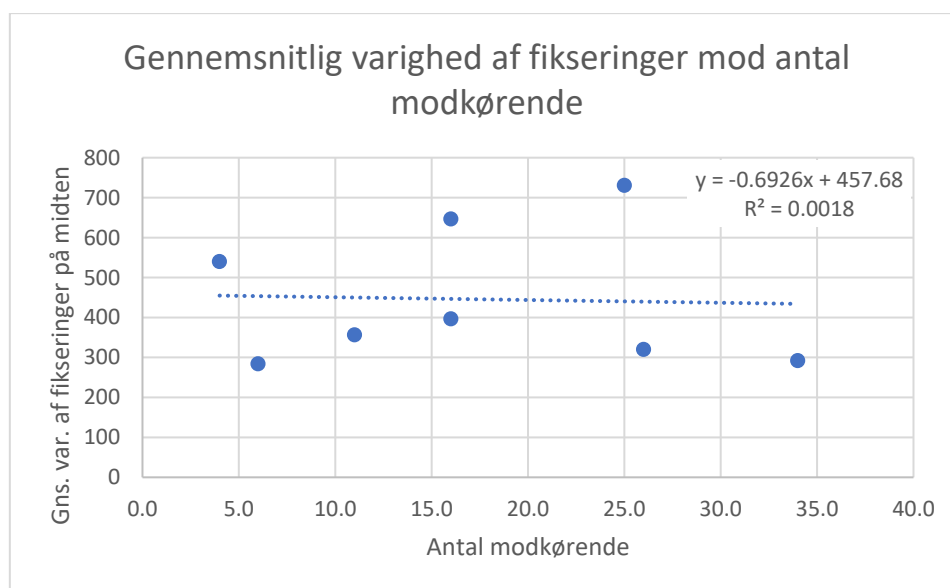
Konklusion: For forsøgsperson C og F er der statistisk signifikant forskel imellem lokationer på, hvor meget de kigger på midtlinjen (p<0,05). For de to øvrige forsøgspersoner kan det ikke afvises, at tæthederne er ens (p>0,05).

A4.1.3 Test af sammenhæng mellem den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten og antallet af modkørende

Hypotese: Der er sammenhæng mellem den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten og antallet af modkørende forsøgspersonerne møder.

0-hypotese: Der er ingen sammenhæng mellem den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten og antallet af modkørende forsøgspersonerne møder

Denne hypotese testes vha. lineære regression. Figuren herunder viser et plot af gennemsnitlig varighed af fikseringer på midten mod antallet af modkørende, de har mødt inkl. forklaringsgrad.



Med en forklaringsgrad på 0,0018 ser der ikke ud til at være en sammenhæng. Der udføres dernæst en lineær regressionsanalyse vha. Excel. Denne fremgår af nedenstående udklip.

SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Multiple R	0.08943							
R Square	0.007998							
Adjusted R Square	-0.15734							
Standard Error	87.53119							
Observations	8							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	370.6192548	370.6192548	0.048372921	0.83321117			
Residual	6	45970.25575	7661.709291					
Total	7	46340.875						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	124.8408	62.86167917	1.985959911	0.094242237	-28.976213	278.6578	-28.9762	278.6578
Antal modkør	0.697636	3.171961307	0.219938447	0.833211166	-7.0638735	8.459146	-7.06387	8.459146
RESIDUAL OUTPUT								
Observation	varighed af	Residuals						
1	142.9793	-21.97931714						
2	142.2817	143.7183191						
3	136.003	27.99704531						
4	148.5604	-61.56040709						
5	136.003	-98.00295469						
6	129.0266	77.97340775						
7	132.5148	-0.514773473						
8	127.6313	-67.63131976						

* P-værdi = Signifikans F (markeret med grøn).

Konklusion: Der er ingen sammenhæng mellem den gennemsnitlige varighed af fikseringer og antallet af modkørende forsøgspersonerne møder ($p = 0,833$).

A4.1.4 Hypotese: Den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten er mindre på Bryggebroen end på Sortedam Dossering

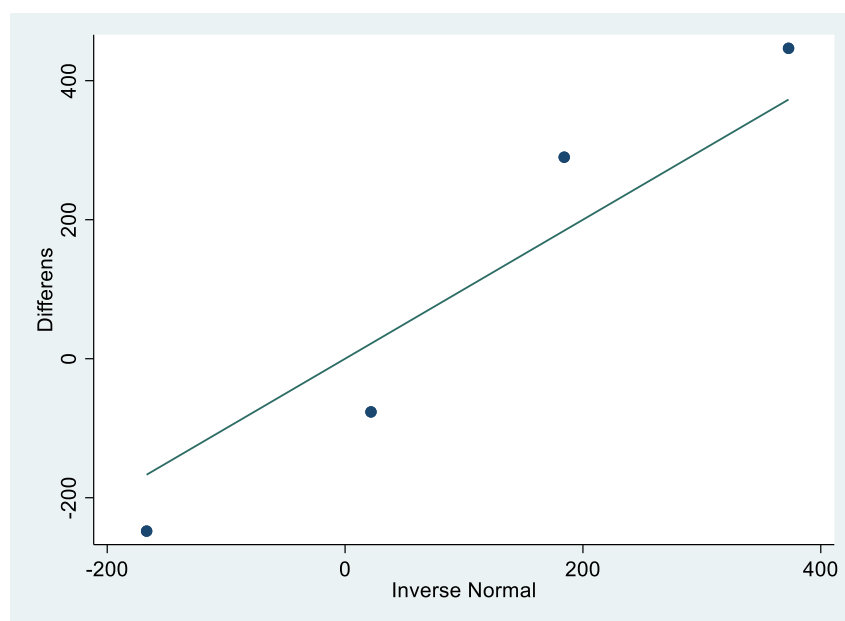
Hypotese: Den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten er mindre på Sortedam Dossering end på Bryggebroen, dvs. $SD < BB$.

0-hypotese: Den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten på Sortedam Dossering er større end lig med den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten på Bryggebroen, dvs. $SD \geq BB$.

Denne hypotese testes med en parret t-test, da det er de samme forsøgspersoner der har gennemkørt begge strækninger. Data for de to lokationer og differensen mellem dem fremgår af tabellen herunder.

	Gennemsnitlig varighed af fikseringer på midten BB [ms]	Gennemsnitlig varighed af fikseringer på midten SD [ms]	Differens
C	646	356	289.9697
D	292	540	-248
E	731	284	446.6364
F	320	397	-76.5

Først tjekkes om differenserne er normalfordelte vha. Stata. Der laves et QQ-plot af normalfordelingen og Shapiro Wilks Test beregnes.



Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
differens	4	0.93958	0.697	-0.390	0.65176

Det fremgår af ovenstående QQ-plot og Shapiro Wilks Test, at differenserne er normalfordelte. Dermed kan den parrede t-test udføres vha. Excel.

t-test: Parvis dobbelt stikprøve for middelværdi		
	<i>Gennemsnitlig varighed af fikseringer på midten BB [ms]</i>	<i>Gennemsnitlig varighed af fikseringer på midten SD [ms]</i>
Middelværdi	497.2424242	394.2159091
Varians	50080.05326	11612.85313
Observationer	4	4
Pearson-korrelation	-0.852733434	
Hypotese for forskel i middelvæ	0	
fg	3	
t-stat	0.64259417	
P(T<=t) en-halet	0.28311141	
t-kritisk en-halet	2.353363435	
P(T<=t) to-halet	0.566222819	
t-kritisk to-halet	3.182446305	

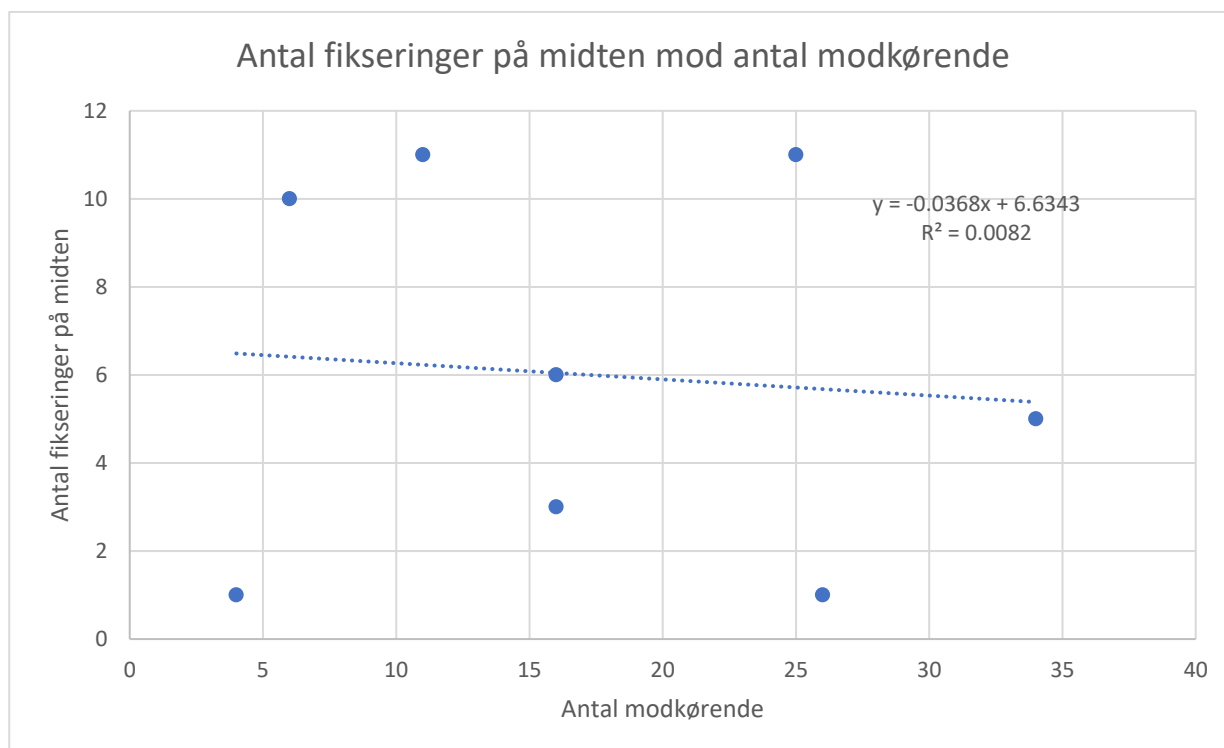
Konklusion: Det kan ikke afvises, at den gennemsnitlige varighed af fikseringer på midten på Sortedam Dosering er større end eller lig med den gennemsnitlige varighed på Bryggebroen ($p=0,28$).

A4.1.5 Test af sammenhæng mellem antal modkørende og antal fikseringer på midten

Hypotese: Der er sammenhæng mellem antal fikseringer på midten og antallet af modkørende forsøgspersonerne møder.

0-hypotese: Der er ingen sammenhæng mellem antal fikseringer på midten og antallet af modkørende forsøgspersonerne møder.

Denne hypotese testes vha. lineære regression. Figuren herunder viser et plot af antal fikseringer på midten mod antallet af modkørende, de har mødt inkl. forklaringsgrad.



Med en forklaringsgrad på 0,0082 ser der ikke ud til at være en sammenhæng. Der udføres dernæst en lineær regressionsanalyse vha. Excel. Denne fremgår af udklippet herunder.

RESUMEOUTPUT								
<i>Regressionsstatistik</i>								
Multipel R	0.090393625							
R-kvadreret	0.008171008							
Justeret R-kvadreret	-0.157133825							
Standardfejl	4.563815163							
Observationer	8							
ANOVA								
	<i>fg</i>	<i>SK</i>	<i>MK</i>	<i>F</i>	<i>Signifikans F</i>			
Regression	1	1.029546947	1.029547	0.04943	0.831432948			
Residual	6	124.9704531	20.82841					
I alt	7	126						
	<i>Koefficienter</i>	<i>Standardfejl</i>	<i>t-stat</i>	<i>P-værdi</i>	<i>Nedre 95%</i>	<i>Øvre 95%</i>	<i>Nedre 95.0%</i>	<i>Øvre 95.0%</i>
Skæring	6.634274458	3.277564069	2.024148	0.089385	-1.385635906	14.65418482	-1.385635906	14.65418482
Antal modkørende	-0.036769534	0.165383848	-0.22233	0.831433	-0.441449232	0.367910164	-0.441449232	0.367910164
RESIDUALOUTPUT								
<i>Observation</i>	<i>agt Antal fikseringer på</i>	<i>Residualer</i>						
1	6.045961917	-3.045961917						
2	5.384110309	-0.384110309						
3	5.715036113	5.284963887						
4	5.678266579	-4.678266579						
5	6.229809586	4.770190414						
6	6.487196323	-5.487196323						
7	6.413657255	3.586342745						
8	6.045961917	-0.045961917						

* P-værdi = Signifikans F (markeret med grøn).

Konklusion: Der er ingen sammenhæng mellem antal fikseringer på midten og antallet af modkørende forsøgspersonerne møder ($p=0,831$).

A4.2 Modkørende

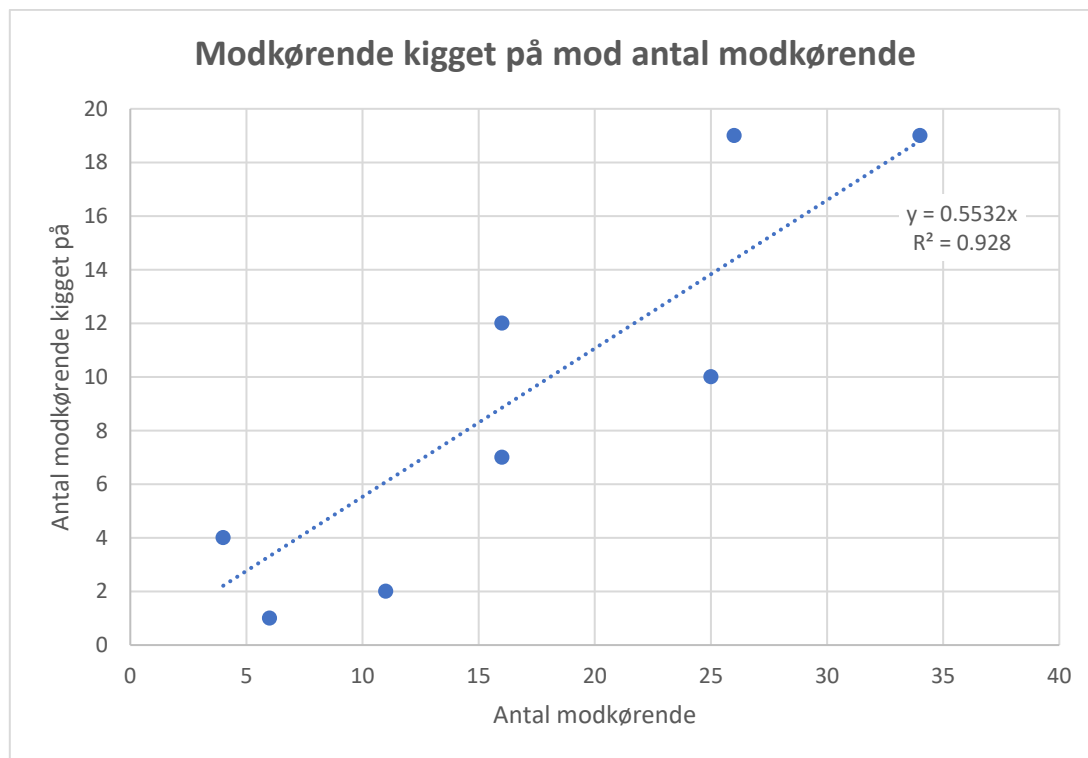
I det følgende præsenteres statistiske beregninger for hypoteser relateret til modkørende.

A4.2.1 Test af sammenhæng mellem antal cyklister mødt og antallet af modkørende kigget på

Hypotese: Der er sammenhæng mellem antallet af cyklister forsøgspersonerne møder og antallet af modkørende de kigger på.

0-hypotese: Der er ikke sammenhæng mellem antallet af cyklister forsøgspersonerne møder og antallet af modkørende de kigger på.

Nedenstående figur viser et plot af antallet af modkørende forsøgspersonerne har kigget på mod antallet af cyklister de har mødt inkl. forklaringsgrad.



Med en forklaringsgrad på 0,93 ser sammenhængen umiddelbart ud til at kunne bekræftes. Der udføres dernæst en lineær regression vha. Excel.

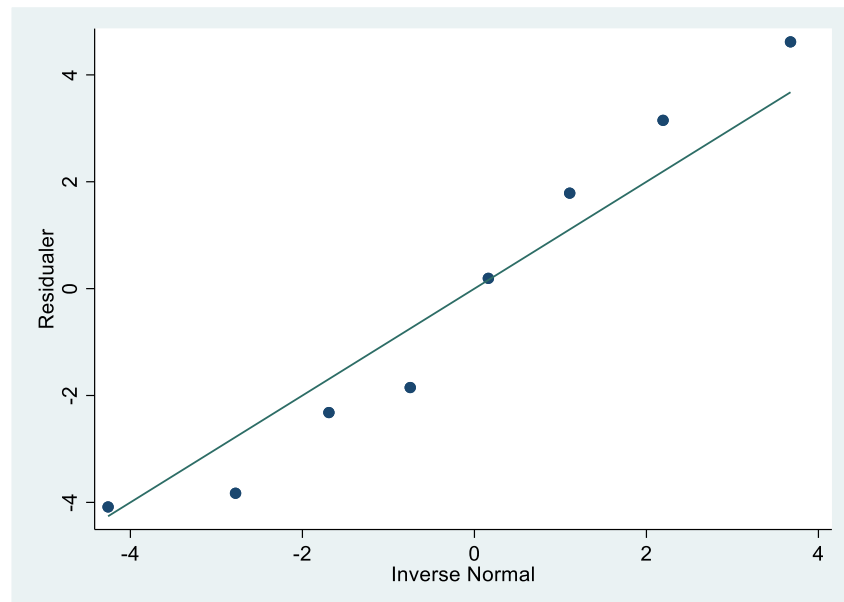
RESUMEOUTPUT								
Regressionsstatistik								
Multipel R	0.963311631							
R-kvadreret	0.927969299							
Justeret R-kvadreret	0.785112156							
Standardfejl	3.265048818							
Observationer	8							
ANOVA								
	fg	SK	MK	F	Signifikans F			
Regression	1	961.3761935	961.3762	90.18078373	7.77087E-05			
Residual	7	74.62380649	10.66054					
I alt	8	1036						
	Koefficienter	Standardfejl	t-stat	P-værdi	Nedre 95%	Øvre 95%	Nedre 95.0%	Øvre 95.0%
Skæring	0	#I/T	#I/T	#I/T	#I/T	#I/T	#I/T	#I/T
Antal modkørende	0.553150859	0.058248747	9.496356	3.00464E-05	0.415414459	0.690887259	0.415414459	0.690887259
RESIDUALOUTPUT								
Observation	Forudsagt Modkørende kigget på	Residualer						
1	8.850413749	-1.850413749						
2	18.80712922	0.192870783						
3	13.82877148	-3.828771483						
4	14.38192234	4.618077658						
5	6.084659453	-4.084659453						
6	2.212603437	1.787396563						
7	3.318905156	-2.318905156						
8	8.850413749	3.149586251						

* P-værdi = Signifikans F (markeret med grøn).

Før der kan drages en konklusion, er det nødvendigt at lave modelkontrol. Her tjekkes to centrale antagelser bag modellen:

1. Residualerne er normalfordelte og uafhængige.
2. Der er samme konstante varians omkring linjen.

Først laves et QQ-plot og en swilk-test for normalitet vha. Stata.

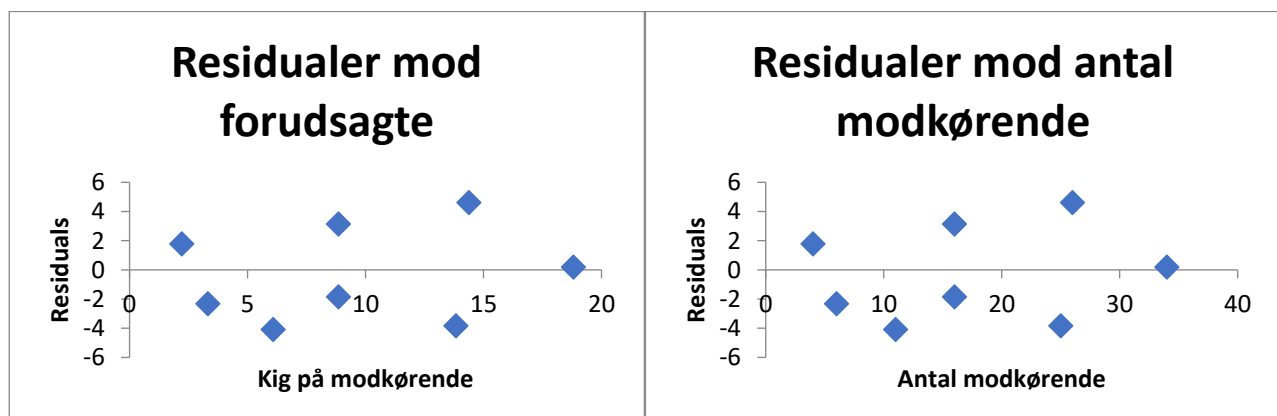


Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
res	8	0.93334	0.929	-0.118	0.54695

Det fremgår af de to figurer, at data er normalfordelte ($p = 0,55$), dog er der lidt variation omkring linjen på QQ-plot, men det accepteres.

Dernæst laves et plot af residualer mod forudsagte og et plot af residualer mod antal modkørende.



Ud fra ovenstående plots ser der ud til at være konstant varians omkring nullinjen, og umiddelbart ser der heller ikke ud til at være et mønster i fordelingen, og antagelsen om uafhængighed accepteres. Dvs. at det alt i alt er en rigtig fin prediktionsmodel, og følgende konklusion kan drages:

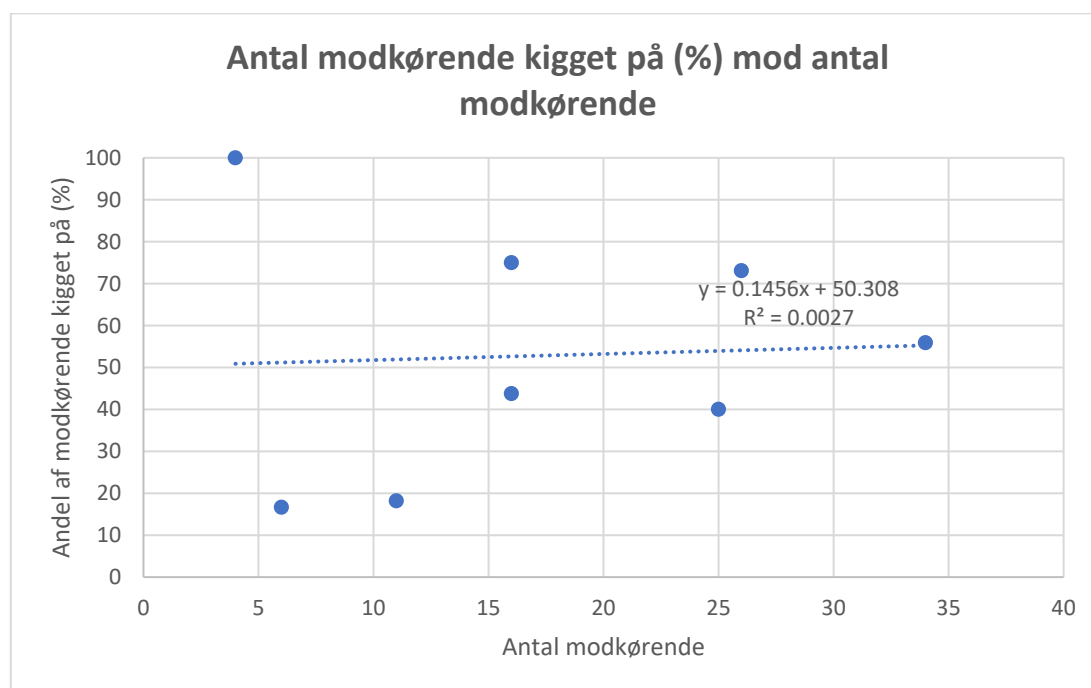
Konklusion: Antallet af modkørende forsøgspersonerne kigger på stiger med antallet af modkørende de møder ($p < 0,05$).

A4.2.2 Test af sammenhæng mellem antallet af modkørende og hvor mange der procentvist bliver kigget på

Hypotese: Der er sammenhæng mellem antallet af modkørende cyklister forsøgspersonerne møder og hvor mange de procentvist kigger på.

0-hypotese: Der er ingen sammenhæng mellem antallet af modkørende cyklister forsøgspersonerne møder og hvor mange de procentvist kigger på.

Nedenstående figur viser et plot af antallet af modkørende forsøgspersonerne har kigget på mod hvor mange de procentvist kigger på inkl. forklaringsgrad.

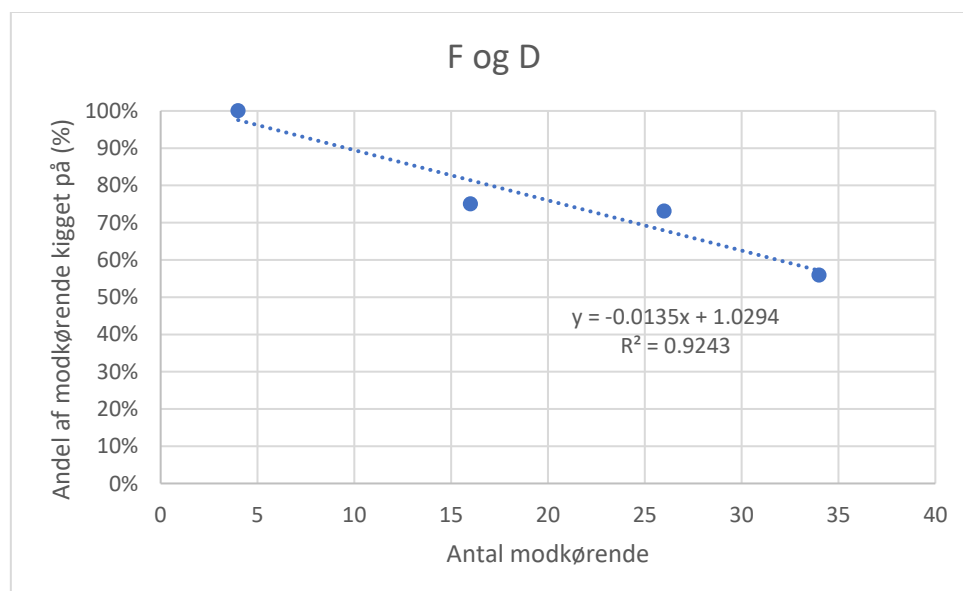


Med en forklaringsgrad på 0,0027 ser der ikke ud til at være en sammenhæng mellem antallet af modkørende forsøgspersonerne møder og hvor mange af de modkørende de procentuelt har kigget på. Beregninger af den lineære regression ses på nedenstående udklip.

SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Multiple R	0.052349713							
R Square	0.002740492							
Adjusted R Square	-0.163469425							
Standard Error	0.312915474							
Observations	8							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	0.001614454	0.001614454	0.01648814	0.902023471			
Residual	6	0.587496565	0.097916094					
Total	7	0.589111019						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	0.503080244	0.224724376	2.238654536	0.066469935	-0.046800495	1.052960983	-0.046800495	1.052960983
Antal modkørende	0.001456055	0.011339453	0.128406154	0.902023471	-0.026290585	0.029202696	-0.026290585	0.029202696
RESIDUAL OUTPUT								
Observation	Predicted Modkørende kigget på		Residuals					
1	0.540937687		0.189831544					
2	0.539481631		-0.139481631					
3	0.526377132		-0.088877132					
4	0.55258613		0.006237399					
5	0.526377132		0.223622868					
6	0.511816577		-0.34514991					
7	0.519096854		-0.337278672					
8	0.508904466		0.491095534					

* P-værdi = Signifikans F (markeret med grøn).

Det ville være intuitivt at formode, at jo flere modkørende forsøgspersonerne møder, jo færre når de procentuelt at kigge på. Det er svært i dette tilfælde at fjerne eventuelle outliers, da der er meget få datapunkter, men hvis forsøgsperson C og E ses som outliers fås et scatterplot som vist på nedenstående figur.



Her ses forklaringsgrad på 0,92, hvilket er acceptabelt. Derfor udføres en lineærregressionsanalyse.

RESUMEOUTPUT									
<i>Regressionsstatistik</i>									
Multipel R		0.961385845							
R-kvadreret		0.924262743							
Justeret R-kvadreret		0.886394114							
Standardfejl		6.123718469							
Observationer		4							
ANOVA									
	<i>fg</i>	<i>SK</i>	<i>MK</i>	<i>F</i>	<i>Signifikans F</i>				
Regression	1	915.2638315	915.263831	24.4070824	0.038614155				
Residual	2	74.99985578	37.4999279						
I alt	3	990.2636873							
	<i>Koefficienter</i>	<i>Standardfejl</i>	<i>t-stat</i>	<i>P-værdi</i>	<i>Nedre 95%</i>	<i>Øvre 95%</i>	<i>Nedre 95.0%</i>	<i>Øvre 95.0%</i>	
Skæring	102.9416254	6.255943534	16.4550119	0.00367287	76.02447284	129.858778	76.02447284	129.8587779	
Antal modkørende	-1.347590318	0.272772101	-4.94035246	0.03861416	-2.521233941	-0.1739467	-2.521233941	-0.1739467	
RESIDUALOUTPUT									
	<i>Observation</i>	<i>Forudsagt Modkørende kigget på</i>	<i>Residualer</i>						
	1	57.12355455	-1.241201609						
	2	67.9042771	5.172645981						
	3	97.5512641	2.448735905						
	4	81.38018028	-6.380180277						

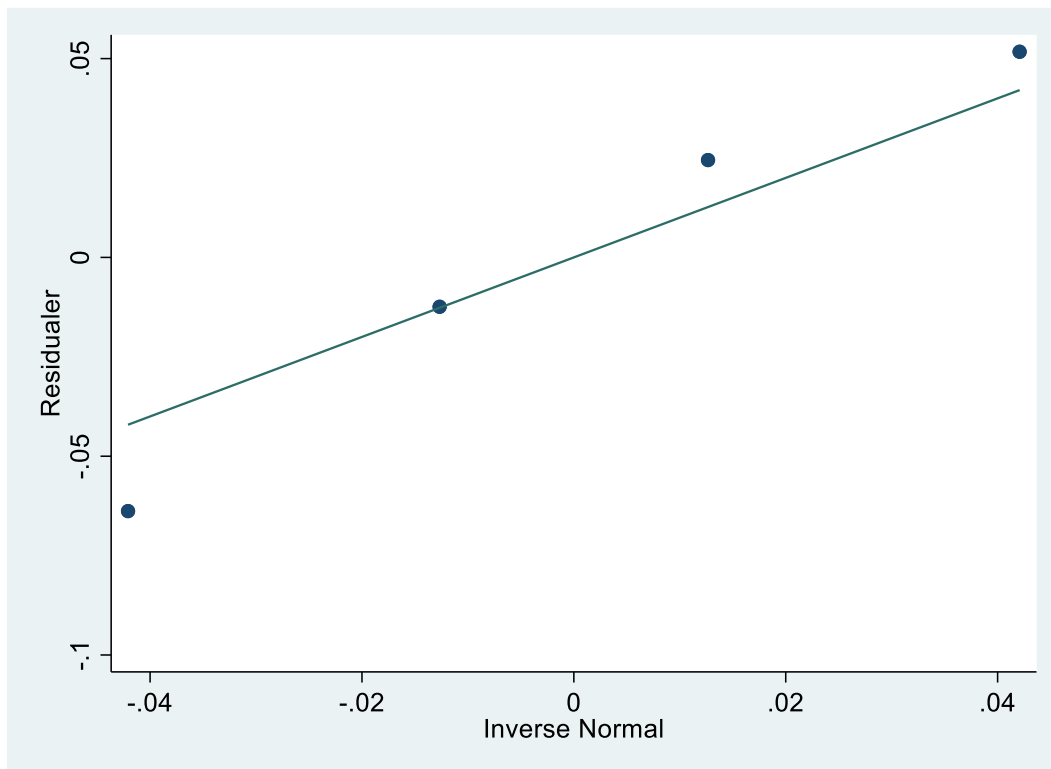
* P-værdi = Signifikans F (markeret med grøn).

Her ses en antydning af, at forsøgsperson F og D procentuelt får kigget på færre modkørende, jo flere modkørende de møder med en p-værdi på 0,039, hvilket er statistisk signifikant.

Før der kan drages en konklusion, er det nødvendigt at lave modelkontrol. Her tjekkes to centrale antagelser bag modellen:

1. Residualerne er normalfordelte og uafhængige.
2. Der er samme konstante varians omkring linjen.

Først laves et QQ-plot og en swilk-test for normalitet vha. Stata.

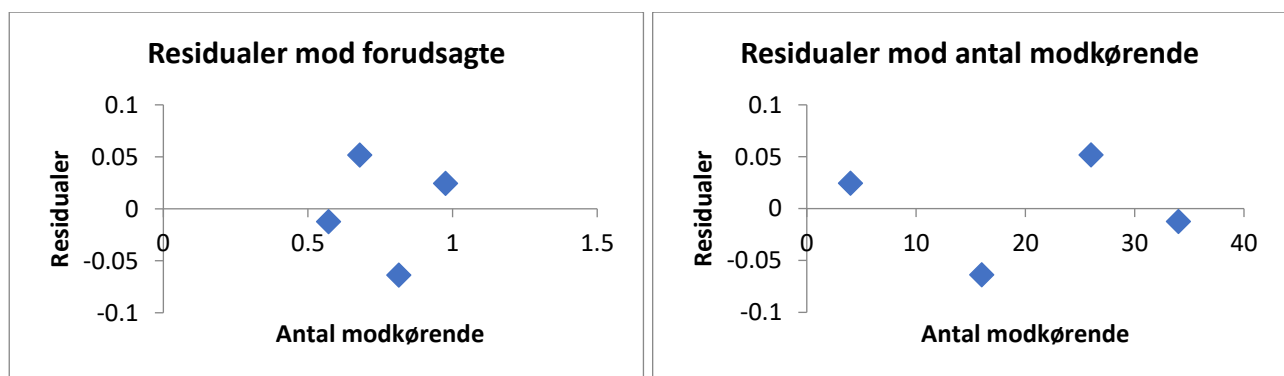


Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
Residualer	4	0.97553	0.282	-1.152	0.87534

Det fremgår af de to figurer, at data er normalfordelte ($p = 0,875$).

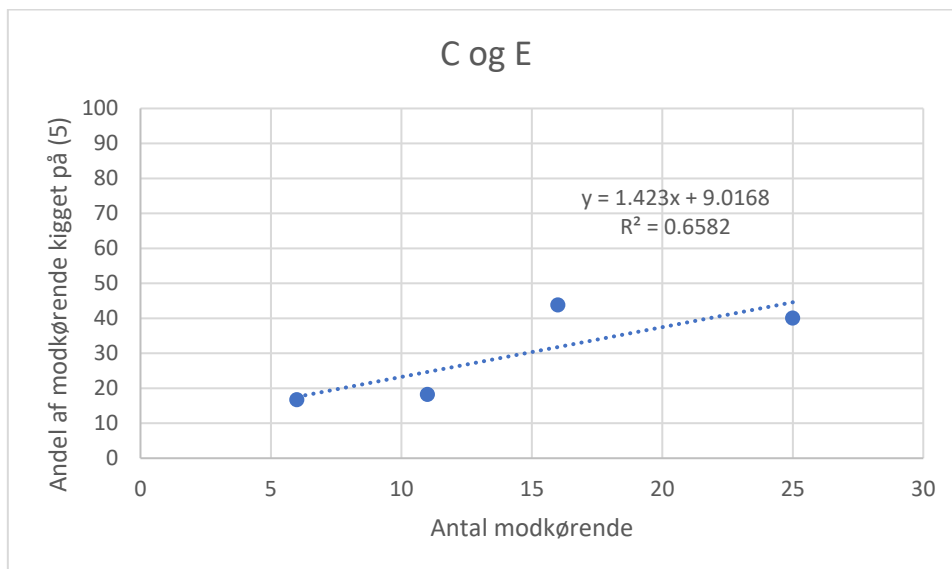
Dernæst laves et plot af residualer mod forudsagte og et plot af residualer mod antal modkørende.



Det er svært ud fra ovenstående plots at tjekke om der er konstant varians omkring nullinjen, pga. få datapunkter.

Konklusion: Andelen af modkørende forsøgspersonerne kigger på falder med antallet af modkørende de møder ($p = 0,039$). Pålideligheden af data er begrænset pga. få datapunkter, og derfor skal man være påpasselig med at tolke ud fra data.

Hvis data for forsøgsperson C og E imidlertid plottes ligner det, at de umiddelbart får kigget på flere modkørende procentuelt, jo flere modkørende de møder, dog med en forklaringsgrad på 0,66, hvilket ikke anses som acceptabelt. Normalt accepteres værdier over 0,7. Et scatterplot af deres data fremgår af figuren herunder.



Laves en lineær regressionsanalyse fås, at data ikke er statistisk signifikant ($p > 0,05$). Den lineære regressionsanalyse fremgår af nedenstående udklip.

RESUMEOUTPUT								
Regressionsstatistik								
Multipel R	0.811299171							
R-kvadreret	0.658206346							
Justeret R-kvadreret	0.487309518							
Standardfejl	10.17677073							
Observationer	4							
ANOVA								
	fg	SK	MK	F	Signifikans F			
Regression	1	398.8853132	398.885313	3.85148371	0.188700829			
Residual	2	207.1333249	103.566662					
I alt	3	606.0186381						
	Koefficienter	Standardfejl	t-stat	P-værdi	Nedre 95%	Øvre 95%	Nedre 95.0%	Øvre 95.0%
Skæring	9.016785879	11.68007304	0.77198027	0.52086517	-41.23851225	59.272084	-41.23851225	59.27208401
Antal modkørende	1.422954161	0.725064893	1.96251973	0.18870083	-1.696748279	4.5426566	-1.696748279	4.542656601
RESIDUALOUTPUT								
Observation	Forudsagt Modkørende kigget på	Residualer						
1	31.78405245	11.96594755						
2	44.5906399	-4.590639902						
3	24.66928165	-6.487463467						
4	17.55451084	-0.887844178						

Konklusion: For forsøgsperson C og E ses ingen sammenhæng mellem andelen af modkørende de kigger på ift. antallet af modkørende de møder ($p = 0,19$).

A4.2.3 Hypotese: Hvorvidt en forsøgsperson kigger på modkørende, er afhængigt af lokation

Hypotese: Hvorvidt en forsøgsperson kigger på en modkørende, er afhængigt af lokation. Dvs. Der er afhængighed mellem rækkeinddeling (=Lokation) og søjleinddeling (=kig/ikke-kig).

0-hypotese: Der er uafhængighed mellem rækkeinddeling (=lokation) og søjleinddeling (=kig/ikke-kig). Dvs. at lokationen ikke har indflydelse på hvorvidt en forsøgsperson kigger på en modkørende.

Denne hypotese testes med χ^2 , der tester hvorvidt der er afhængighed mellem rækkeinddeling og søjleinddeling. Figuren herunder viser observerede data, forventede antal under nul-hypotesen samt χ^2 -bidraget til teststørrelsen for hver forsøgsperson, men også sammenlagt for alle forsøgspersonerne.

Chi2 - Binomialfordelingen											
LAGT SAMMEN											
Observerede				Forventede				Chi2 Bidrag			
Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n	Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n	Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n
BB	55	46	101	BB	54	47	101	BB	0.0130	0.0151	0.0281
SD	19	18	37	SD	20	17	37	SD	0.0356	0.0412	0.0768
n	74	64	138	n	74	64	138	n	0.0487	0.0563	0.1049
C											
Observerede				Forventede				Chi2 Bidrag			
Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n	Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n	Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n
BB	7	9	16	BB	5	11	16	BB	0.5208	0.2604	0.7813
SD	2	9	11	SD	4	7	11	SD	0.7576	0.3788	1.1364
n	9	18	27	n	9	18	27	n	1.2784	0.6392	1.9176
D											
Observerede				Forventede				Chi2 Bidrag			
Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n	Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n	Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n
BB	19	15	34	BB	21	13	34	BB	0.1211	0.1858	0.3069
SD	4	0	4	SD	2	2	4	SD	1.0297	1.5789	2.6087
n	23	15	38	n	23	15	38	n	1.1509	1.7647	2.9156
E											
Observerede				Forventede				Chi2 Bidrag			
Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n	Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n	Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n
BB	10	15	25	BB	9	16	25	BB	0.1437	0.0790	0.2227
SD	1	5	6	SD	2	4	6	SD	0.5987	0.3293	0.9280
n	11	20	31	n	11	20	31	n	0.7424	0.4083	1.1508
F											
Observerede				Forventede				Chi2 Bidrag			
Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n	Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n	Lokation	Kig = 1	Ikke-kig= 0	n
BB	19	7	26	BB	19	7	26	BB	0.0019	0.0053	0.0072
SD	12	4	16	SD	12	4	16	SD	0.0031	0.0087	0.0117
n	31	11	42	n	31	11	42	n	0.0050	0.0140	0.0189

Eksempel på beregning af forventede data for forsøgsperson F:

Forventede			
Lokation	Kig = 1	Ikke-kig = 0	n (=SUM)
BB	$31 * 26 / 42 = 19$	$11 * 26 / 42 = 7$	26
SD	$31 * 16 / 42 = 12$	$11 * 16 / 42 = 4$	16
n (=SUM)	31	11	42

Chi2-bidraget beregnes cellevist på følgende måde: $(OBS - FORV)^2 / FORV$.

Bidraget måler afvigelsen mellem observerede data og forventede data relativt til de forventede. På baggrund af dette beregnes chi2-teststørrelsen som summen af cellernes bidrag, og er fordelt med 1 frihedsgrad. Antal frihedsgrader beregnes som $(\text{antal rækker} - 1) * (\text{antal søjler} - 1)$.

Beregnete p-værdier og Fishers Eksakt fremgår af følgende tabel:

Forsøgsperson	P-værdi	Fishers Eksakt
Sammenlagt	0,746	0,848
C	0,166	0,231
D	0,088	0,138
E	0,283	0,383
F	0,891	1,000

Når forventede antal ikke er over 5 benyttes det alternative Fishers Eksakte Test. Her er hypotesen og nulhypotesen det samme som for chi2-testet.

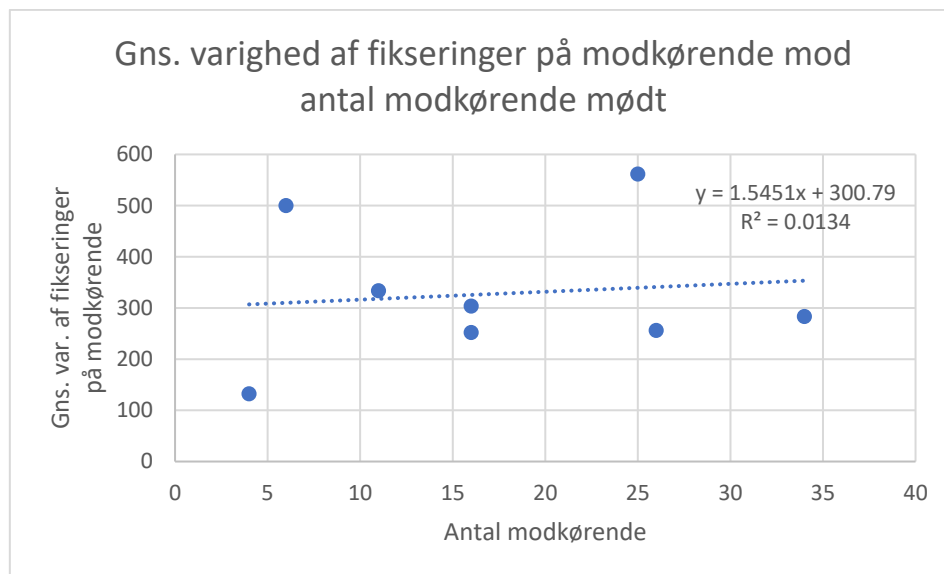
Konklusion: Resultaterne fra de forskellige tests viser, at der ikke er nogen statistisk signifikant forskel i, om forsøgspersonerne kigger eller ikke kigger på modkørende, afhængigt af lokation. P-værdierne er alle over 0,05, hvilket indikerer, at der ikke er tilstrækkeligt bevis for at forkaste nulhypotesen om ingen forskel i alle de testede scenarier. Dette tyder på, at lokation ikke har indflydelse på, om testpersonerne kigger på en modkørende.

A4.2.4 Test af sammenhæng mellem gns. varighed af fikseringer på modkørende og antallet af modkørende

Hypotese: Der er sammenhæng mellem antallet af modkørende forsøgspersonerne møder og den gennemsnitlige varighed af fikseringer på modkørende.

0-hypotese: Der er ingen sammenhæng mellem antallet af modkørende forsøgspersonerne møder og den gennemsnitlige varighed af fikseringer på modkørende.

Nedenstående figur viser et plot af gns. varighed af fikseringer på modkørende mod antallet af cyklister de har mødt inkl. forklaringsgrad.



Med en forklaringsgrad på 0,0134 ser der ikke ud til at være en sammenhæng mellem antallet af modkørende forsøgspersonerne møder og den gennemsnitlige varighed af fikseringer på modkørende. Beregninger af den lineære regression ses på nedenstående udklip.

RESUMEOUTPUT									
Regressionsstatistik									
Multipel R	0.111236461								
R-kvadreret	0.01237355								
Justeret R-kvadreret	-0.152230858								
Standardfejl	11.19581426								
Observationer	8								
ANOVA									
	fg	SK	MK	F	Signifikans F				
Regression	1	9.422458563	9.422459	0.075171	0.793146				
Residual	6	752.0775414	125.3463						
I alt	7	761.5							
	Koefficienter	Standardfejl	t-stat	P-værdi	Nedre 95%	Øvre 95%	Nedre 95.0%	Øvre 95.0%	
Skæring	20.60829705	12.87248164	1.600958	0.160505	-10.8895	52.10612	-10.8895	52.10612	
Gennemsnitlig længde af fikseringer	-0.009170571	0.033447986	-0.27417	0.793146	-0.09101	0.072674	-0.09101	0.072674	
RESIDUALOUTPUT									
	Observation	Forudsagt Antal modkørende cyklister	Residualer						
	1	18.3003699	7.699630104						
	2	17.77143808	7.228561919						
	3	15.09481847	0.905181532						
	4	17.36650003	16.63349997						
	5	17.55143989	-1.551439892						
	6	18.59077133	-12.59077133						
	7	16.02606817	-5.026068168						
	8	17.29859414	-13.29859414						

* P-værdi = Signifikans F (markeret med grøn).

Konklusion: Der er ingen sammenhæng mellem den gennemsnitlige varighed af fikseringer på modkørende og antallet af modkørende de møder ($p = 0,79$).