

Forskningsrapport 2017:02

BikeMODEL

BikeModel: modeller för cyklistbeteende
Slutrapport

MARCO DOZZA



Division of Vehicle and Traffic Safety
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Göteborg, Sweden, 2017

BikeMODEL

BikeModel: modeller för cyklistbeteende - Slutrapport

*Denna rapport är framtagen med ekonomiskt bidrag från Trafikverkets skyltfond.
Ståndpunkter och slutsatser i rapporten reflekterar författaren och överensstämmer inte med
nödvändighet med Trafikverkets ståndpunkter och slutsatser inom rapportens ämnesområde.*

MARCO DOZZA

© MARCO DOZZA, March 2017 (inklusive samtliga bilder).

Research report 2017:02
ISSN 1652-8549

marco.dozza@chalmers.se
Division of Vehicle Safety
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telephone +46 (0)31 772 3621

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	4
Projektarbete och leveranser	6
Analys och resultat	7
Relaterade aktiviteter:.....	22
Relaterade publikationer:	23
Referenser.....	24
Appendix 1: Hastighetsprofiler	25
Appendix 2: Accelerationsanalys.....	26
Appendix 3: Frekvensanalys för individuella cyklister.	27
Kontaktuppgifter	31

Sammanfattning

Detta projekt använde naturalistisk data från projekt BikeSAFER och e-BikeSAFE för att utreda hur cyklistbeteende och cykeldynamik ändras när cyklister byter från traditionella cyklar till el-cyklar.

Våra analyser visar att:

- el-cyklar ökar *individens* cykelmedelhastighet med 7-31%
- När cyklister byter från traditionella cyklar till el-cyklar upplever de:
 - högre cykelshastighet (cirka 3,6 km/t)
 - 34% oftare hastigheter över 30 km/t (som är den svenska hastighetsbegränsningen för cyklar).
 - lägre longitudinella och laterala accelerationer (mer konstanta hastigheter och mindre laterala rörelser)
 - högre vertikala accelerationer (mer vibrationer)
 - lägre longitudinell acceleration för alla hastigheter
 - högre lateral acceleration vid låga hastigheter (0-5 km/h) och lägre för alla andra hastighetsintervall
 - fler kritiska händelser vid högre hastighet och som kräver hårdare inbromsningar

Dessa resultat indikerar att:

- El-cyklar exponerar cyklister till högre (och oftare olagliga) hastigheter än traditionella cyklar.
- Generellt är el-cyklar bekvämare att cykla på än traditionella cyklar inte bara för att de kräver mindre energi men också för att de medför mindre acceleration.
- Det är svårare att förutsäga andra väganvändare när man cyklar med el-cykel (vilket kan beror på att andra väganvändare har svårt att förutsäga el-cyklisterna).
- Cyklister behöver vara redo att bromsa oftare och hårdare när de kör en el-cykel jämfört med traditionella cyklar.
- El-cyklar kan vara mindre stabila än traditionella cyklar vid låga hastigheter (0-5 km/t).
- El-cyklister måste köra om andra cyklister mycket ofta.
- El-cyklister tenderar att närma sig korsningar med en konstant hastighet på 25 km/h, oberoende av om de planerar att stanna eller köra igenom korsningen.

Generellt är el-cyklister snabbare, har svårare att planera inbromsningar, och kör oftare om andra cyklister, än cyklister som cyklar på traditionella cyklar.

Konsekvensen blir att många situationer som redan utmanar cyklister (t.ex. hinder på cykelbanor, dålig synlighet, vägarbete, etc.) kommer vara ännu svårare och potentiellt kritiska för el-cyklister.

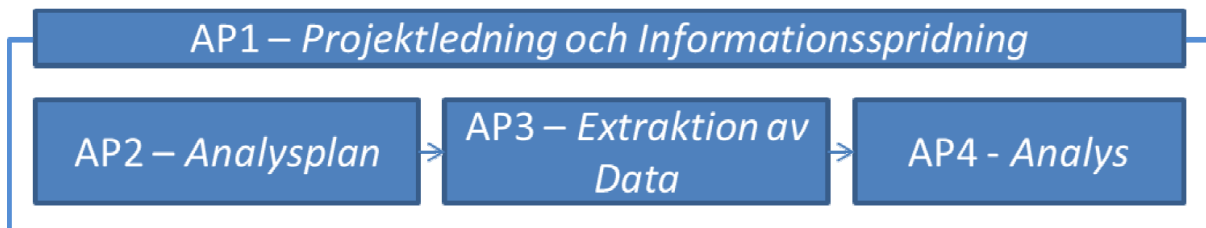
Denna slutrapport inkluderar analysdetaljer, refererar till några vetenskapliga publikationer från projektet, och presenterar rekommendationer för vägdesign, konstruktionsarbete, vägunderhåll, samhällsutbildning, samt el-cykelsdesign.

Syfte med projektet

Målet med detta projekt är att 1) statistiskt **modellera** individuella *cyklistbeteenden* vid cykling på elcykel, respektive traditionell cykel. Dessa modeller kommer användas för att 2) ge **rekommendationer** för säkrare *elcykeldesign* som stödjer naturligt cyklistbeteende.

Individuellt cyklistbeteende kommer beskrivas med statistiska modeller baserat på naturalistisk data från e-BikeSAFE och BikeSAFE. I detta projekt kommer dessa grundläggande modeller användas för att ge rekommendationer för säkrare elcykeldesign. Dessa rekommendationer kommer föreslå hur elcykelkontroller bör designas för att 1) underlätta mer korrekt kontroll av cykeldynamiken och 2) stödja normalt cyklistbeteende. Dessa rekommendationer ämnar göra elcyklister och andra väganvändare bekvämare och säkrare.

Projektarbete och leveranser



Detta projekt inkluderade fyra arbetspaket. Här är en lista av de viktigaste leveranserna i varje arbetspaket.

AP1:

- Publikationer
 - En vetenskaplig artikel presenterades på ICSC2016.
 - Samma artikel blev utvald för en speciell utgåva av en internationell vetenskaplig tidskrift och är nu under granskning.
 - En gemensam publikation med projektet MOTORIST till en internationell vetenskaplig tidskrift är under utarbetande.
 - Denna slutrapport.
- Samarbete
 - BikeModel blev ett SAFER-associerat projekt (<https://www.chalmers.se/safer/EN/projects/pre-crash-safety/associated-projects/bikemodel>) och rapporterade regelbundet sina framsteg till SAFER:s referensgrupp.
 - För att komplettera detta projekt började vi samarbeta med projektet MOTORIST som bland annat bedrivs av University of Florence.

AP2-AP4:

Flera analyser gjordes av BikeSAFE- och e-bikeSAFE-databasen under projekten och presenteras i denna slutrapport. Några av dessa analyser inkluderades i de vetenskapliga publikationer som nämnts ovan. Analyserna jämförde traditionella- och el-cyklar och adresserade:

- 1) **Hastighetsprofiler**
- 2) **Accelerationer**
- 3) **Kinematikspektrum**
- 4) **Relationen mellan hastighet och acceleration**
- 5) **Bromsningsbeteende**

Analys och resultat

Speed Profiles from Naturalistic Cycling

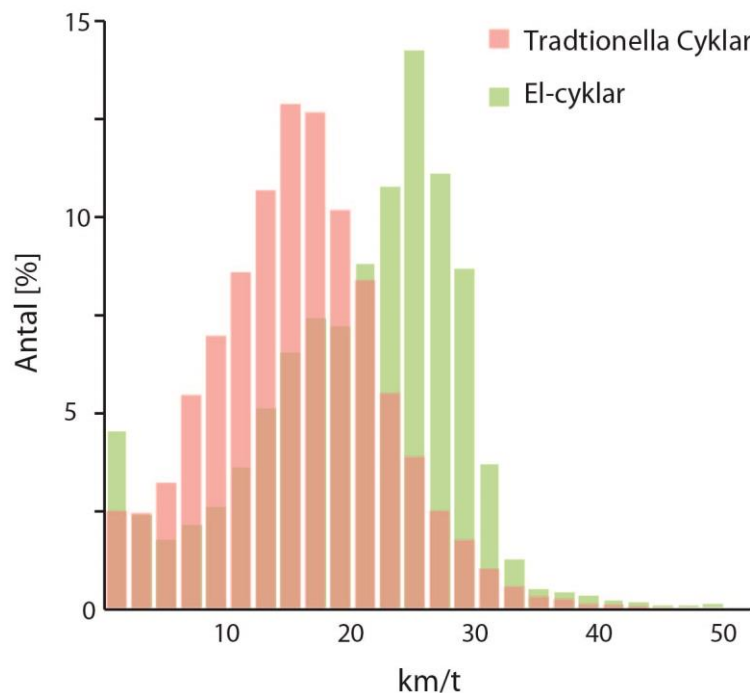


Bild 1 – Hastighetsprofiler från BikeSAFE och e-BikeSAFE

1. Hastighetsprofiler analys

Tidigare studier, såsom e-Bikeway, verifierade att hastighetsprofilerna skiljer sig mellan el-cyklar och traditionella cyklar (Bild 1). I vilken utsträckning en cyklists individuella beteende ändrar sig mellan en traditionell cykel och en el-cykel är emellertid fortfarande okänt. Denna kunskap är viktigt eftersom, utan att känna till eventuella förändringar för individuella cyklister, kan hastighetmodellerna som beskriver hur el-cyklar ändrar cyklingsdynamik vara partiska. Till exempel, utan att analysera individuella skillnader, kan skillnaden i hastighetsprofilen i Bild 1 förklaras av några märkliga cyklister, som kanske cyklade ovanligt långsamt med traditionella cyklar, men plötsligt blev mycket snabba när de började cykla med el-cyklar. Vår analys i BikeModel visar att detta inte är fallet i verkligheten och att alla cyklister, oberoende av deras vanliga hastighet med traditionella cyklar, blir snabbare när de byter till en el-cykel. I praktiken ökade alla sex cyklister som deltog både i BikeSAFE och e-BikeSAFE, medelhastigheten med 1,3-5,0 km/t, och i genomsnitt med 3,6 km/t. Bild 2 återskapar hastighetsprofilerna som presenteras i Bild 1 för denna nya population av sex cyklister.

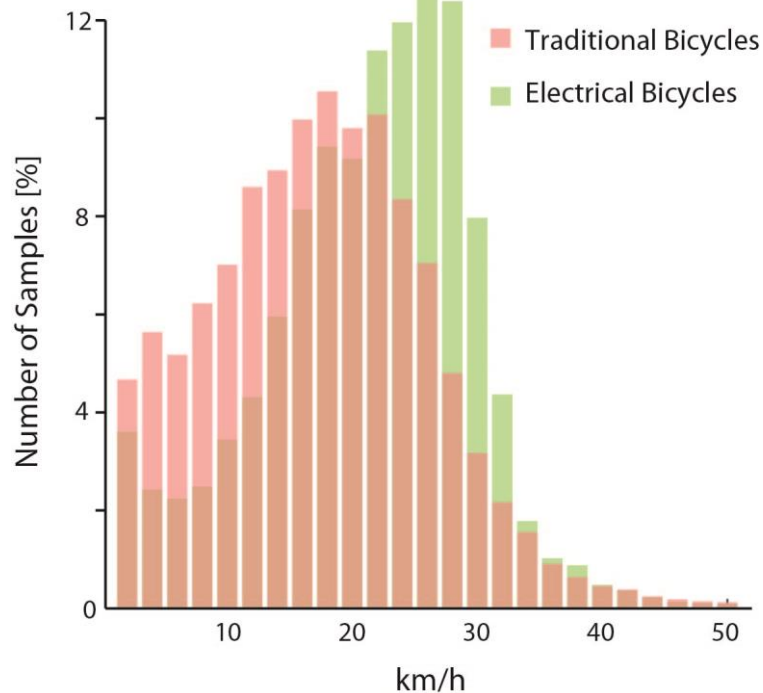


Bild 2 – Hastighetsprofiler från BikeSAFE och e-BikeSAFE för alla sex cyklister som deltog i båda studierna.

Bild 3A och 3B visar hastighetsprofilerna från de sex cyklister som deltog både i e-bikeSAFE och BikeSAFE med en högre hastighetsupplösning än i Bild 2. Denna högre upplösning belyser att hastighetsprofilerna är bimodala, vilket tyder på att vårt urval inkluderar två cyklistpopulationer. Faktum är att de sex cyklister naturligt ingår i två olika grupper med lika många cyklister: långsamma cyklister respektive snabba cyklister. Det är värt att notera att långsamma cyklister är långsamma både när de cyklar på traditionella cyklar och på el-cyklar.

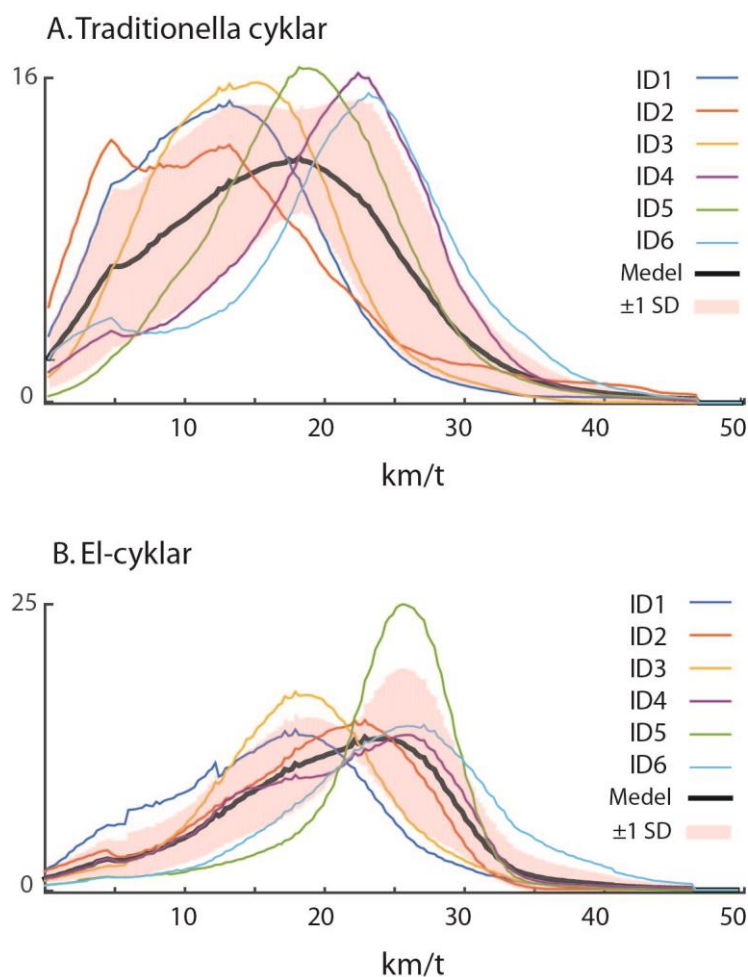


Bild 3 – Hastighetsprofiler från BikeSAFE och e-BikeSAFE för traditionella cyklar och el-cyklar.

Bild 4A och 4B jämför cyklisters individuella hastighet för långsamma cyklister, respektive för snabba cyklister, och visar huvudresultatet från detta projekt hittills: **el-cyklar ökar individers cykelmedelhastighet med 7-31%** (Tabell 1; Appendix rapporterar också individuella hastighetsprofiler). Detta resultat har flera konsekvenser för infrastruktur och förordningar; till exempel, vissa cyklister (t.ex. 3 och 6 i Tabell 1) cyklade över hastighetsbegränsningen (30 km/t) 50% oftare med el-cyklar jämfört med traditionella cyklar. Det viktigaste med detta resultat är att det ger grundläggande kinematikvärden för att modellera en förändring i cyklisternas beteende från traditionella cyklar till el-cyklar. **Enligt vår analys bör i själva verket en sådan förändring resultera i en förskjutning i hastighet på cirka 3,6 km/t i genomsnitt, varav cirka 40% mer tid under 5 km/t och 34% mer tid över 30 km/t.** En sådan modell bör naturligtvis dra fördel av de hela distributionerna som tillhandahålls av denna studie (inte bara de få värdena i Tabell 1).

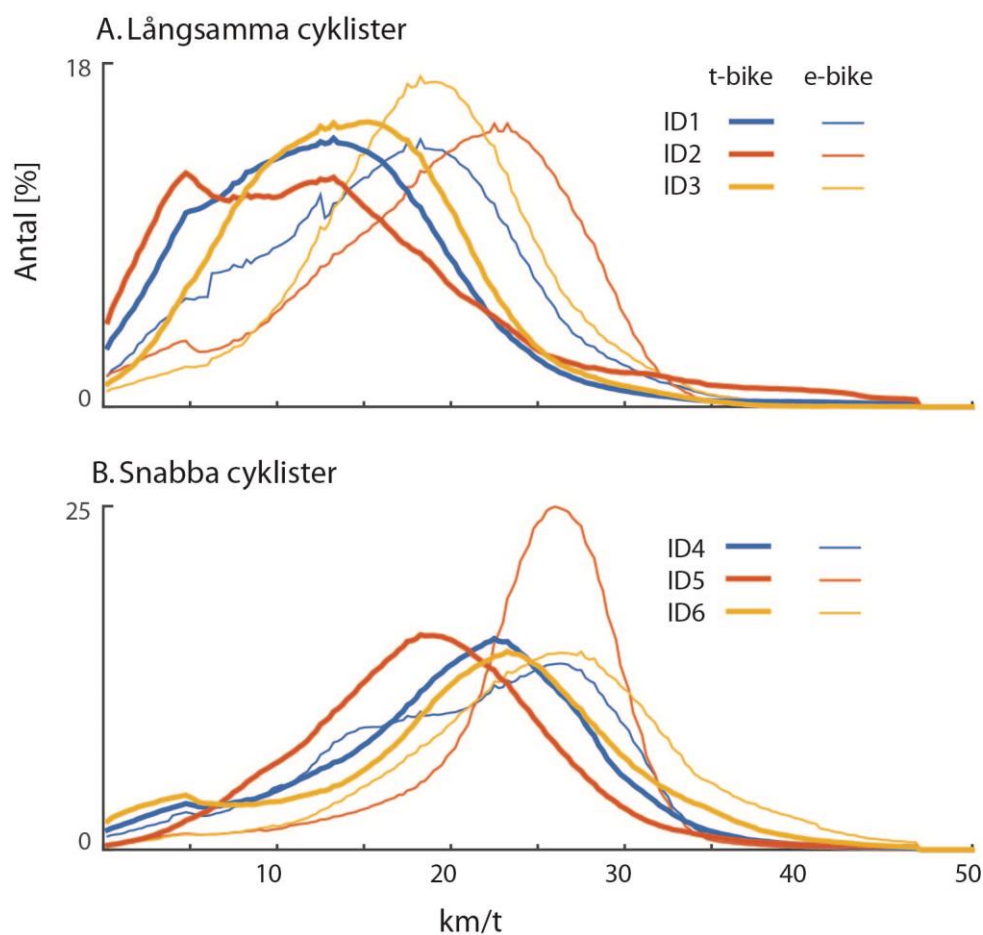


Bild 4 – Hastighetsprofiler för långsamma (ID 1-3) respektive snabba (ID 4-5) cyklister från BikeSAFE och e-BikeSAFE

Tabell 1 - förändringar i hastighet för sex enskilda cyklister som deltog i e-BikeSAFE (el-cyklar, eBike) och BikeSAFE (traditionella cyklar, tbike).

ID	Medelhastighet ±SD ebike [km/h]	Medelhastighet ±SD tbike [km/h]	Ökning in %	% hastighet under 5 km/t tbike vs e- bike	% hastighet över 30 km/h tbike vs e- bike
1	15.9 ± 7.8	13.0 ± 8.3	18.0	12.4 vs. 19.2	3.3 vs. 2.3
2	17.9 ± 8.3	13.7 ± 11.0	23.7	12.6 vs. 27.3	2.4 vs. 6.7
3	18.1 ± 6.7	14.0 ± 6.7	22.6	5.7 vs. 10.1	3.6 vs. 1.5
4	21.1 ± 9.1	19.7 ± 8.5	6.3	5.9 vs. 8.6	8.1 vs. 7.0
5	23.9 ± 6.1	19.6 ± 9.0	17.7	3.0 vs. 2.8	6.1 vs. 5.2
6	25.3 ± 9.0	20.3 ± 9.3	19.7	3.0 vs. 11.3	25.0 vs. 12.4
Genomsnitt	20.4	16.7	18.05	7.0 vs. 13.3	8.8 vs. 5.8

2. Accelerationsanalys

Den tidigare analysen visade att el-cyklar ökar individers cykelmedelhastighet med 7-31%. Denna analys kommer nu visa hur longitudinell och lateral acceleration skiljer sig mellan el-cyklar och traditionella cyklar.

Longitudinell acceleration är lägre (i genomsnitt) för el-cyklar än för traditionella cyklar. Detta resultat håller för både fartökning (-3.4 till -86.7%) och fartminskning (-17.6 till -108%). Skillnaden i longitudinell acceleration mellan el-cyklar och traditionella cyklar är nästan dubbelt så stor för fartminskning än för fartökning (Tabell 2). Tyvärr var accelerationsdata inte tillgänglig för en av cyklisterna (ID3).

Lateral acceleration var också lägre för el-cyklar än för traditionella cyklar (42% lägre i genomsnitt). Vertikal acceleration var tvärtom högre för el-cyklar än för traditionella cyklar (i genomsnitt 24% högre; Tabell 2).

Sammanfattningsvis **upplever el-cyklister lägre longitudinella och laterala accelerationer**, vilket troligtvis beror på 1) att el-cyklar hjälper cyklisterna att hålla en konstant hastighet och 2) att el-cyklister inte behöver trampa så hårt, vilken minimerar laterala rörelser. **Dock är vertikala accelerationer högre på el-cyklar**, förmodligen på grund av att högre hastighet leder till större vertikala vibrationer.

Tabell 2 – förändringar i accelerationer för de sex individuella cyklisterna som deltog i e-BikeSAFE (el-cyklar, eBike) och BikeSAFE (traditionella cyklar, tbike).

ID	Medellongitudinell fartökning ebike vs. tbike [%]	Medellongitudinell fartminskning ebike vs tbike [%]	Medellateralacceleration ebike vs. tbike [%]	Medelvertikal acceleration ebike vs. tbike [%]
1	-3,4	-17,6	-9,3	35,0
2	-37,8	-44,2	-49,5	43,8
3	-	-	-	-
4	-85,7	-108,0	-42,2	17,5
5	-45,9	-61,1	-86,7	29,5
6	-11,1	-19,6	-21,2	-4,5
Genomsnitt	-36,8	-50,1	-41,8	24,3

3. Spektrumanalys

Den tidigare analysen visade att el-cyklar upplever mindre longitudinella och laterala accelerationer och större vertikala accelerationer. Denna analys kommer nu visa hur accelerationsspektrum skiljer sig mellan el-cyklar och traditionella cyklar. Analysen kommer att hjälpa till att förklara anledningen till varför accelerationerna skiljer sig mellan el-cyklar och traditionella cyklar.

Bild 5 visar spektrumen för en representativ cyklist (alla spektrum för alla cyklister är i Appendix 2). Från bild 5 kan man se att longitudinell acceleration är lägre för el-cyklar än för

traditionella cyklar på frekvenser högre än 2Hz, och särskilt runt 3Hz. Eftersom frekvenser i närheten av 3Hz beror på trampning, bekräftar detta resultat vår hypotes att longitudinell acceleration är lägre för el-cyklar i genomsnitt eftersom el-cyklisterna inte behöver trampa så hårt som traditionella cyklister. Bild 5 visar också att laterala accelerationer minskar mest runt 1.5 Hz för el-cyklar i jämförelse med traditionella cyklar. Runt 1.5 Hz är en höjdpunkt i lateralaccelerationsspektrumet som orsakas av trampning. Faktumet att cyklar vinglar mindre desto snabbare de går, kan förklara detta resultat som verkar vara en konsekvens av el-cyklars högre hastighet. Till sist visar Bild 5 att vertikala accelerationer är högre för el-cyklar tvärs över spektrumet. Detta resultat är återigen i enlighet med vår hypotes att vertikala accelerationer (vibrationer) ökar med hastighet.

Sammanfattningsvis **bekräftar spektrumsanalysen att longitudinella och laterala accelerationer är lägre (och vertikala accelerationer högre) för el-cyklar än för traditionella cyklar och förklarar vilka accelerationsfrekvenser som är mest påverkade.** Denna analys stöder hypoteserna om att högre och mer konstant hastighet och svagare trampning för el-cyklar förklarar skillnaden i accelerationer jämfört med traditionella cyklar.

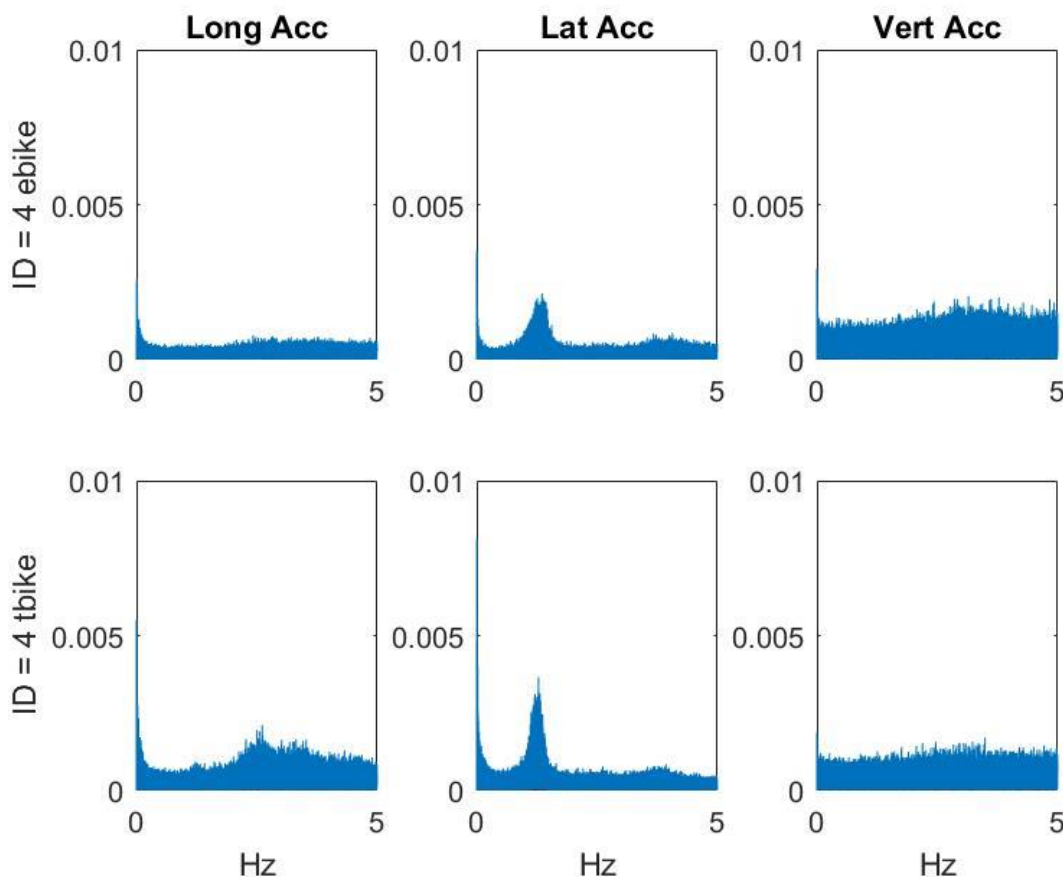


Bild 5 – Spektrum för longitudinell, lateral, och vertikal acceleration för en representativ cyklist. Accelerationer för el-cyklar visas längst upp och för traditionella cyklar längst ner.

4. Relationen mellan accelerationer och hastighet

Den tidigare analysen hjälpte till att förklara anledningen till varför accelerationerna skiljer sig mellan el-cyklar och traditionella cyklar. Denna analys kommer att undersöka relationen mellan accelerationer och hastighet som är en indikation på cykling komfort.

Bild 6 och Bild 7 visar på relationen mellan accelerationer och hastighet longitudinellt, respektive lateralt för alla cyklister. Generellt är **longitudinell acceleration lägre för el-cyklar för alla hastigheter** (Bild 6). Lateral acceleration skiljer sig mellan el-cyklar och traditionella cyklar beroende på hastighetsintervall. **För mycket låga hastigheter (0-5 km/h) är generellt el-cykelaccelerationerna högre, och lägre för alla andra hastighetsintervall** i jämförelse med traditionella cyklar.

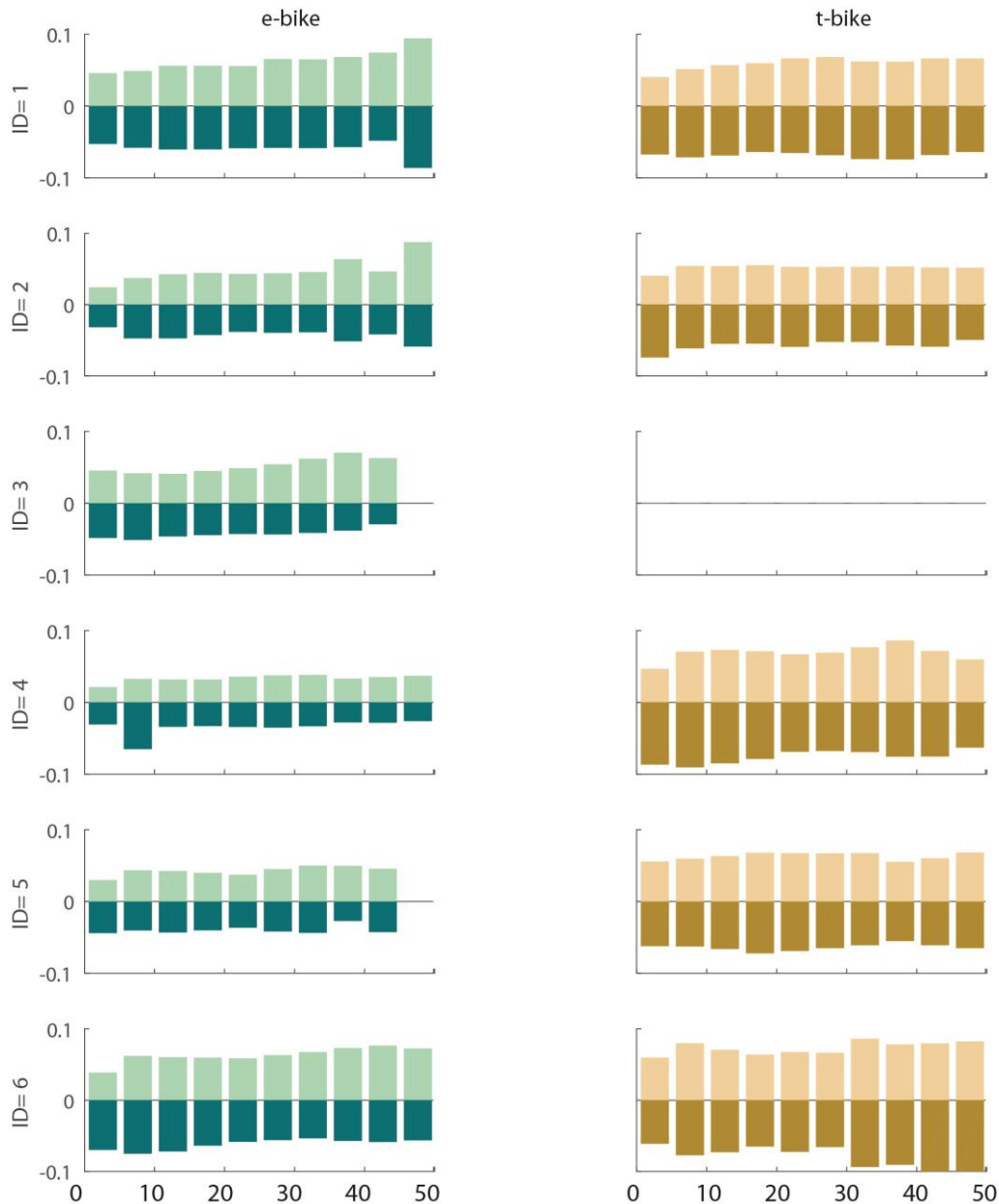


Bild 6 – Relationen mellan longitudinell acceleration och hastighet för el-cyklar (vänster) och traditionella cyklar (höger).

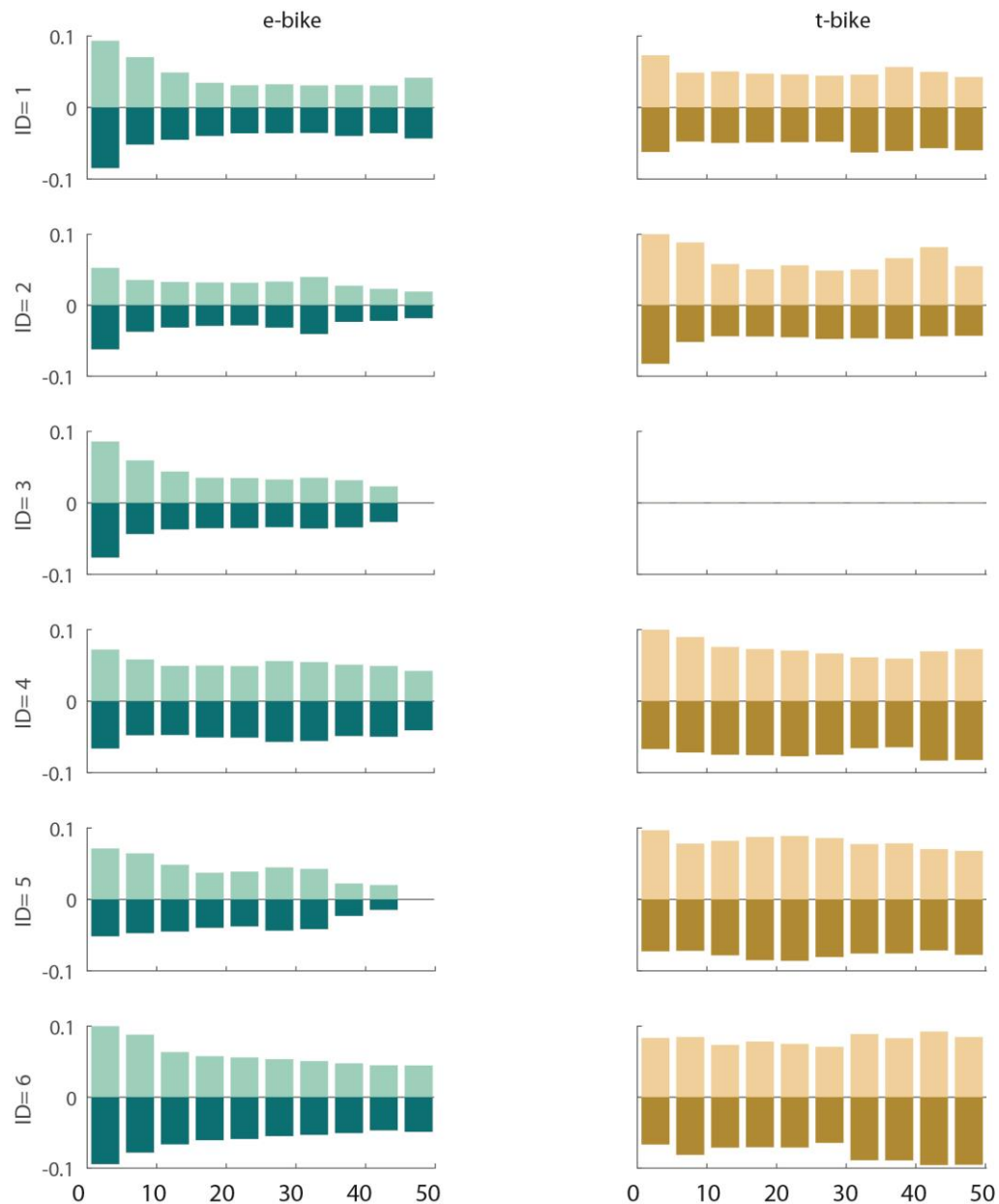


Bild 7 – Relationen mellan lateral acceleration och hastighet för el-cyklar (vänster) och traditionella cyklar (höger).

5. Bromsningsanalys

De tidigare analyserna visade att el-cyklar är snabbare än traditionella cyklar och cyklister reglerar sin hastighet på ett annat sätt när de kör en el-cykel än när de cyklar på en traditionell cykel. Frågan är nu hur dessa resultat relaterar till säkerhet och för att besvara denna fråga måste analysen gå mycket djupare. I ljuset av resultaten hittills är vår hypotes att högre hastighet för el-cyklar innehåller mer oväntade händelser som kräver snabbare och starkare reaktioner. Eftersom bromsning är det vanligaste sättet för en cyklist att reagera i kritiska händelser, undersökte vi hur bromsningsmanövrar skiljer sig mellan el-cyklar och traditionella cyklar. Denna analys krävde videokodning som är mycket

tidskrävande och motiverade engagemanget från Pedro Huertas från projektet MOTORIST.

Analysbeskrivning

För att utföra denna analys plockade vi flera bromsningshändelser ur e-BikeSAFE och BikeSAFE:s databas för varje cyklist. Efter flera kontroller för datakvalitet och -integritet samlade vi 286 händelser för videokodning. I videokodningen markerade vi om inbromsningen var planerad (d.v.s. en förväntad del av cyklingen) eller oplanerad (d.v.s. en reaktion på en oväntad händelse). Om en cyklist till exempel bromsade för att stanna vid ett rött ljus, kodades denna händelse som planerad; om en cyklist behövde stanna plötsligt för att en bil inte gav företräde, kodades händelsen som oplanerad. Planerade och oplanerade händelser kodades ytterligare enligt bild 8. Risknivån kodades för oplanerade händelser, ju mer kritisk händelsen var, desto högre var risknivån på en 3-nivå skala. Dessutom jämförde vi hastighet och accelerationer mellan planerade och oplanerade händelser. Vi använde olika statistiska verktyg som odds ratio, ANOVA, och Chi-square.

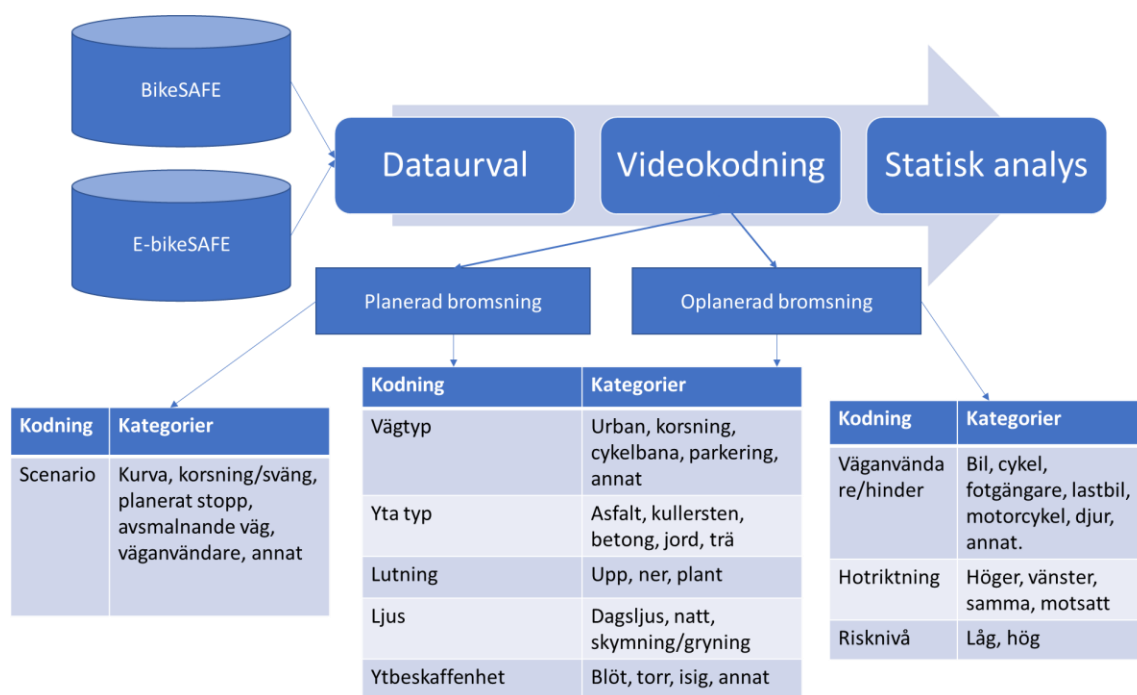


Bild 8 – Videokodningsanalys.

Resultat

Cyklisterna upplevde nästan dubbelt så många oplanerade händelser med el-cyklar än med traditionella cyklar (Tabell 3) och detta resultat är statistiskt signifikant. Oplanerade händelser var också mer kritiska för el-cyklar än för traditionella cyklar (se riskkodning i Tabell 3). Tabell 3 visar också andra resultat som, även om de inte är statistiskt signifikanta, ändå kan vara intressanta och diskuterades i vetenskapliga artiklarna från detta projekt.

Tabell 3 – Planerade vs. oplanerade händelser (* betyder att resultatet är statistiskt signifikant).

Kodning	e-bike	t-bike	OR (95% CI)
Oplanerad vs. planerad	25.7%	37.3%	1.72 (1.04-2.85)*
Kurva	37.6%	26.6%	0.60 (0.33 – 1.11)
Korsning/sväng	23.8%	34.0%	1.66 (0.89 – 3.10)
Planerat stopp	23.8%	24.5%	1.04 (0.54 – 2.00)
Avsmalnande väg	5.0%	6.4%	NA
Väganvändare	3.0%	2.1%	NA
Annat	6.9%	6.4%	NA
Bil	48.6%	40.4%	0.64 (0.27 – 1.50)
Cykel	17.1%	26.9%	1.61 (0.55 - 4.68)
Fotgängare	22.9%	23.1%	1.18 (0.39 - 3.55)
Lastbil	0.0%	7.7%	NA
Motorcykel	5.7%	0.0%	NA
Djur	2.9%	0.0%	NA
Annat	2.9%	1.9%	NA
Risk låg	21.3%	26.7%	1.34(0.78-2.32)
Risk hög	2.9%	6.7%	2.96 (1.14-7.68)*

För oplanerade händelser jämförde vi hotriktningen mellan el-cyklar och traditionella cyklar för att veta huruvida olika typer av cyklar interagerar på olika sätt med andra väganvändare som bilister, cyklister eller fotgängare (Tabell 4). Resultaten var signifikanta för bilister och fotgängare och visar att el-cyklar upplever lika många kritiska händelser med bilister oberoende av om de kommer från höger eller vänster. Traditionella cyklar däremot upplever kritiska händelser med bilister främst när bilisten kommer från vänster. Likadana var resultat för interaktion med fotgängare (Tabell 4).

Tabell 4 – Hotriktningsanalys (* indikerar statistiskt signifikant resultat)

	Bilist*		Cyklist		Fotgängare*	
	El-cyklar	Trad. cyklar	El-cyklar	Trad. cyklar	El-cyklar	Trad. cyklar
Vänster	38%	56%	7%	17%	33%	43%
Höger	48%	6%	0%	0%	50%	0%
Samma	14%	13%	57%	17%	0%	43%
Motsatt	0%	25%	36%	67%	17%	14%

Det var ingen stor skillnad i omgivningen mellan el-cyklar och traditionella cyklar (Tabell 5), vilket troligtvis betyder att cyklisternas vägval var oberoende av cykeltyp. Cyklisterna cyklade mer i mörker med traditionella cyklar än med el-cyklar. Dock skulle det kunna vara en konsekvens av hur studien genomfördes då BikeSAFE började samla in data nästan en månad senare på hösten än e-BikeSAFE. Bromsningshändelserna skedde på högre hastigheter med el-cyklar jämfört med traditionella cyklar och oplanerade händelser hade högre hastighet än oplanerade. Dessa resultat var dock inte statistiskt signifikanta (Tabell 6). Oplanerade händelser inkluderade högre accelerationer än planerade, troligtvis för att cyklisterna genomförde snabbare och hårdare manövrar. Intressant nog upplevde el-cyklarna hårdare

accelerationer än traditionella cyklar under bromsningshändelserna, och detta resultat var statistiskt signifikant (Tabell 6).

Tabell 5 –Jämförelse av omgivning mellan el-cyklar och traditionella cyklar (* indikerar statistisk signifikans)

Miljö	Kategorier (el-cyklar vs traditionella cyklar)
Vägtyp	Urban (29% vs. 27%), korsning (23% vs. 31%), cykelbana (41% vs. 39%), parkering (3% vs. 3%), annat (4% vs. 0%)
Typ av yta	Asfalt (95% vs. 84%), kullersten (3% vs. 11%), betong (0% vs. 4%), jord (2% vs. 0%), trä (0% vs. 1%)
Lutning	Plant (68% vs. 71%), ner (30% vs. 29%), upp (3% vs. 0%)
Ljus	Dagsljus (59% vs. 46%), skymning (20% vs. 4%), natt (22% vs. 50%) *
Ytbeskaffenhet	Torr (46% vs. 50%), blöt (36% vs. 25%), isig (4% vs. 1%), annat eller oklart (14% vs. 24%)

Tabell 6 – Kinematikjämförelse mellan el-cyklar och traditionella cyklar (genomsnitt ± standardavvikelse)

	Oplanerade	Planerade	El cyklar	Trad. Cyklar
Max acc. m/s²	1.72 ± 1.27	1.54 ± 1.01	1.72 ± 1.12*	1.43 ± 1.07*
Hastighet (km/t)	21.6± 7.3	20.5± 6.7	21.0 ± 6.3	20.8 ± 7.9

Sammanfattningsvis visar denna analys att **när cyklister kör el-cyklar upplever de fler kritiska händelser vid högre hastighet och som kräver hårdare inbromsningar jämfört med traditionella cyklar.**

Slutsatser och rekommendationer

Våra analyser visar att:

- 1) el-cyklar ökar *individers* cykelmedelhastighet med 7-31%
- 2) När cyklister byter från traditionella cyklar till el-cyklar upplever de:
 - a. högre cykelshastighet (cirka 3,6 km/t)
 - b. 34% oftare hastigheter över 30 km/t (som är den svenska hastighetsbegränsningen för cyklar).
 - c. lägre longitudinella och laterala accelerationer (mer konstanta hastigheter och mindre laterala rörelser)
 - d. högre vertikala accelerationer (mer vibrationer)
 - e. lägre longitudinell acceleration för alla hastigheter
 - f. högre lateral acceleration vid låga hastigheter (0-5 km/h) och lägre för alla andra hastighetsintervall
 - g. fler kritiska händelser vid högre hastighet och som kräver hårdare inbromsningar

Dessa resultat indikerar att

- 1) El-cyklar exponerar cyklister till högre (och oftare olagliga) hastigheter än traditionella cyklar.
- 2) Generellt är el-cyklar bekvämare att cykla på än traditionella cyklar inte bara för att de kräver mindre energi men också för att de medför mindre acceleration.
- 3) Det är svårare att förutsäga andra väganvändare när man cyklar med el-cykel (vilket kan beror på att andra väganvändare har svårt att förutsäga el-cyklisterna).
- 4) Cyklister behöver vara redo att bromsa oftare och hårdare när de kör en el-cykel jämfört med traditionella cyklar.
- 5) El-cyklar kan vara mindre stabila än traditionella cyklar vid låga hastigheter (0-5 km/t).
- 6) El-cyklister måste köra om andra cyklister mycket ofta.
- 7) El-cyklister tenderar att närma sig korsningar med en konstant hastighet på 25 km/h, oberoende av om de planerar att stanna eller köra igenom korsningen.

Generellt är el-cyklister snabbare, har svårare att planera inbromsningar, och kör oftare om andra cyklister, än cyklister som cyklar på traditionella cyklar. Konsekvensen blir att många situationer som redan utmanar cyklister (t.ex. hinder på cykelbanor, dålig synlighet, vägarbete, etc.) kommer vara ännu svårare och potentiellt kritiska för el-cyklister (Bild 9).



Bild 9 – Situationer som redan är utmanande för cyklister och som kan bli ännu svårare att hantera för el-cyklister (från vänster till höger: dålig cykelbana, fordon parkerad på cykelbana, dålig synlighet, och fotgängare som genar över cykelbanan).

Vad innebär detta för vägdesign, konstruktionsarbete, och vägunderhåll?

Eftersom el-cyklisterna är snabbare och upplever mer oplanerade inbromsningar än cyklisterna som använder traditionella cyklar, blir **bra visibilitet på vägarna** ännu viktigare för el-cyklisterna, då det ger dem mer tid att planera cykelmanövreringen. El-cyklisterna kör om mer än andra cyklisterna. Om inte el-cyklisterna kan ha en egen cykelbana, innebär detta att befintliga **cykelbanor behöver breddas och skarpa svängar bör helst byggas om** för att förenkla för omkörningar.



Bild 10 – Exempel på vägarbete där tunga fordon blockerar cykelbanor.

Konstruktionsarbete kan ibland minska visibiliteten och göra cykelbanor trängre, och innebär extra stora säkerhetsutmaningar för el-cyklisterna. Konstruktionsarbete använder exempelvis ofta cykelbanor för att ställa skyltar som varnar bilister (inte cyklisterna) om konstruktionsarbete eller kräver att tunga fordon ockuperar cykelbanor (Bild 10). Det gör att cykelbanan blir trängre, eller oanvändbar. Denna vana kan leda till osäkra omkörningar, speciellt för el-cyklar. Vägarbeten signaleras inte alltid för cyklisterna, vilket utgör en fara, framförallt i mörker. Det förekommer att cyklisterna kommer till en vägsträcka där asfalten är borttagen och vägen är 10 cm lägre under ett par meter (Bild 11). Ju snabbare en cyklist är, desto värre kan konsekvenserna bli. Eftersom el-cyklisterna är snabbare kommer de råka mer illa ut på grund av dålig signalering. **Bra signalering och att inte ställa onödiga hinder på cykelbanor skulle minska risker, framför allt för el-cyklar.**



Bild 11 – Exempel på ett osignalerat vägarbete där asfalten är avskuren och en skarp kant (ca. 10 cm djup) skapad som kan skada cykeldäck.

Ibland blir vägunderhållet sämre på grund av vädret och skapar begränsad framkomlighet. Till exempel kan cykelbanor bli smalare när vägar plöjas för snö, speciellt nära korsningar (se Bild 12; vänster) och vid underhåll (Bild 12; höger). Sådana situationer är mer utmanande för el-cyklar eftersom de gör omkörningar svårare och kan kräva oväntade inbromsningar. **Bättre signalering för begränsad framkomlighet vid vägunderhållsarbete och bättre plöjning av cykelbanor** skulle öka säkerheten och förenkla interaktionen mellan el-cyklar och andra trafikanter.



Bild 12 – Exempel på begränsad framkomlighet på grund av snöplöjning vid en korsning (vänster) och för vägunderhåll (höger).

Vad innebär detta för samhället?

Antalet el-cyklar försätter att öka i Sverige liksom i hela Europa. El-cyklar kommer inom kort bli alltmer tillgängliga, speciellt med de nya ”bike sharing” systemen. Även fler äldre människor och barn kommer därmed att använda el-cyklar. Eftersom dessa grupper är mer sårbara och kan ha mindre erfarenhet och styrka, kommer el-cyklar vara mer utmanande för dem. **Att bjuda träning för hantering av el-cyklar, speciellt för barn och äldre**, skulle kunna vara ett sätt att öka samhällsmedvetenheten att hantering av el-cyklar kräver mer

kompetens än hantering av normala cyklar, samt skulle hjälpa nya användare att förutse möjliga oväntade utmaningar för el-cyklar.

Vad innebär detta för el-cykelsdesign:

Modeller för cykelshastighet (Bild 1-4) indikerar att designen på el-cykelshastighetskontrollen påverka hur cyklister väljer hastighet. Cyklister kör inte bara fortare med el-cyklar jämfört med traditionella cyklar, men försöker också hålla en konstant hastighet (25 km/t). Detta är en konsekvens av designen på el-cykelshastighetskontrollen som, på de flesta el-cyklar, inklusive de som användes i e-BikeSAFE, fungerar som en avbrytare. Kontrollen aktiverar motorn så snart som cyklisten börjar trampa på pedalerna och försöker nå och hålla en konstant hastighet på 25 km/t; om cyklisten slutar att trampa, inaktiveras motorn direkt. Eftersom det inte är bekvämt att sluta trampa och sedan börja igen (vilket skapar ryck från motorn), leds cyklister till att hålla en konstant hastighet så långt som möjligt, oberoende av infrastruktur, omgivning och hur många väganvändare som finns i närheten. En bättre design av hastighetskontrollen skulle tänka på att hjälpa cyklister att cykla utan att ändra deras hastighetsbeteende.

Hastighetsbeteende gör det möjligt att anpassa hastigheten till trafiksituationer så att cyklister kan cykla långsammare i vissa situationer (t.ex. när mer tid för att planera manövern behövs). Nu belönar flera modeller av el-cyklar cyklister som inte ändrar sin hastighet, och det orsakar fler kritiska händelser, kräver mer uppmärksamhet från cyklisterna, och är inte säkert. För att förbättra säkerheten borde **regleringen av hastigheten designas för att minska motorns ryckighet och låta cyklister kontrollera hastighet graduellt** och inte bara försöka öka hastigheten till 25 km/h och sedan hålla den konstant. Hastighetsprofiler som de som visas i Bild 1-4 kan användas för att jämföra olika regleringar av hastigheten på el-cyklar och se vilka som ändrar cyklisters hastighetsbeteende på det mest naturligt sättet.

Väganvändare interagerar kontinuerligt med varandra för att nå sina mål i trafiken på ett säkert sätt. Interaktionen mellan väganvändare drivs av förväntningar. Anledningen att el-cyklister upplever mer oplanerade manövrar kan beror på att andra väganvändare har svårt att uppskatta deras hastighet, eftersom de ser ut som alla andra cyklister. **El-cyklar skulle kunna göras mer lättigenkännliga för att hjälpa andra väganvändare att känna igen dem och vara förberedda.** El-cyklar skulle till exempel kunna använda sina batterier för att driva ljus som är på hela tiden och som också skulle kunna inkludera varningsljus. Speciella cykelhjälmars skulle också kunna användas för att identifiera el-cyklister.

Relaterade aktiviteter:



Syftet med KAPLAX-projektet var att 1) utveckla en algoritm för hotbedömning och beslutsfattande för att autonoma fordon ska kunna interagera med cyklister och 2) utvärdera algoritmen i en virtuell miljö.

Detta projekt samlade bromsprofiler i en kontrollerad miljö från el-cyklar och traditionella cyklar. Dessa data kan ligga till grund för modelldesignen i BikeModel-projektet. Mer specifikt kan data från detta projekt hjälpa att förklara cyklisters komfort i förväntade och oväntade inbromsningar.

Relaterade publikationer:

- **Dozza M.** “*What is the relation between crashes from crash databases and near-crashes from naturalistic data?*”. Proceedings of the 5th International Cycling Safety Conference, Bologna, Italy. Nov. 3-4 2016.
- **Huertas Leyva, P., Dozza M., Baldanzini N.** “*Moving from traditional to electrical bicycles changes cycling kinematics: Braking behavior in expected and unexpected situations*”. Transportation Research Part F (in preparation).

Referenser

Dozza, M., 2013. *Bikesafe slutrapport -forskningsrapporter (tillämpad mekanik) issn 1652-8549; nr 2013:03.*

Dozza, M., 2014. *E-bikesafe slutrapport -forskningsrapporter (tillämpad mekanik) issn 1652-8549; nr 2013:12.*

Appendix 1: Hastighetsprofiler

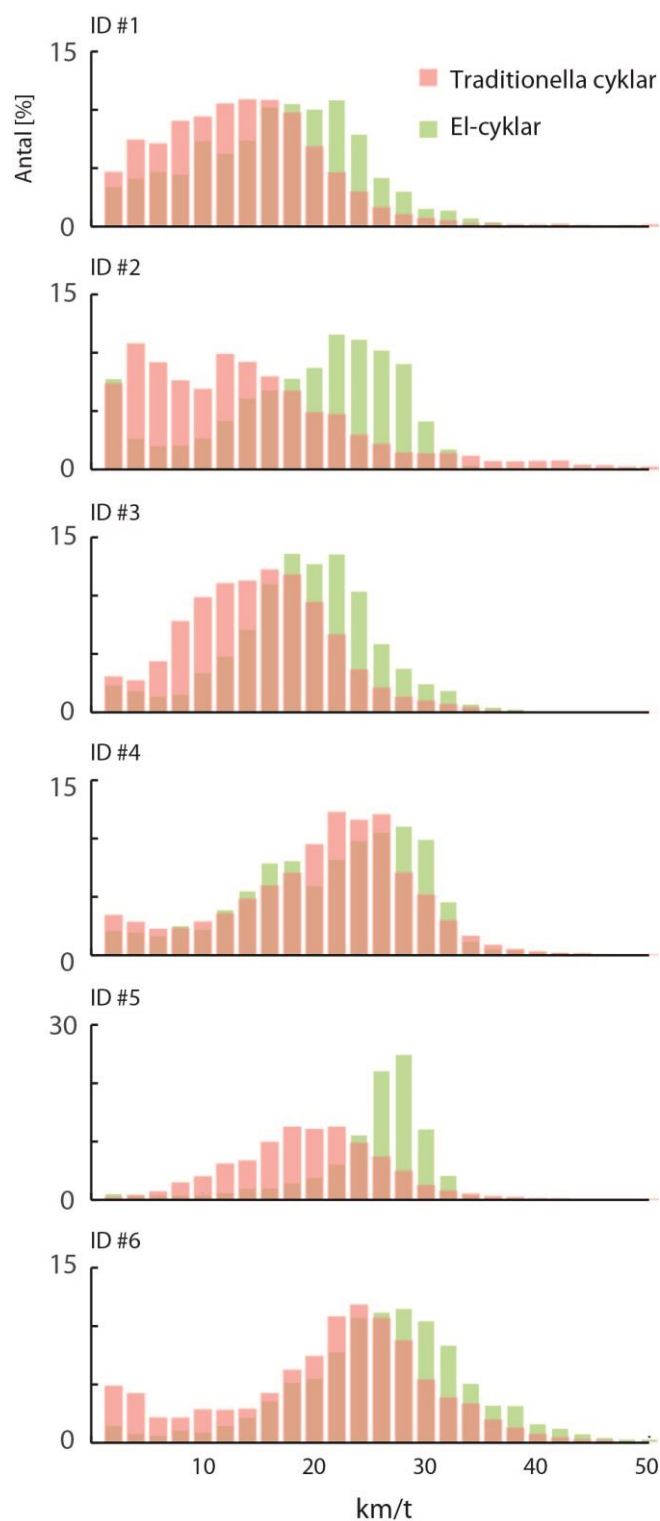


Bild A1:1 – Hastighetsprofiler från BikeSAFE och e-BikeSAFE för sex cyklister som deltog i båda studierna.

Appendix 2: Accelerationsanalys

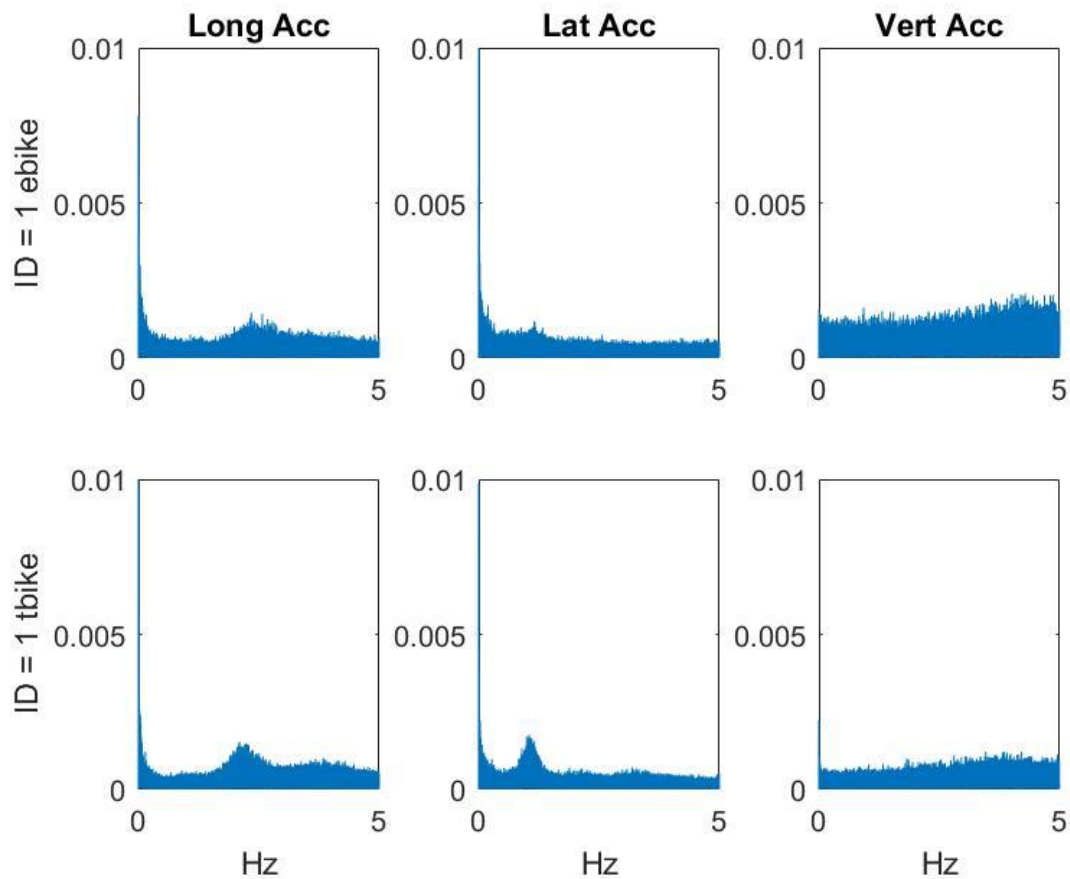
Table A2:1 – Median och standardavvikelse för acceleration för individuella cyklister.

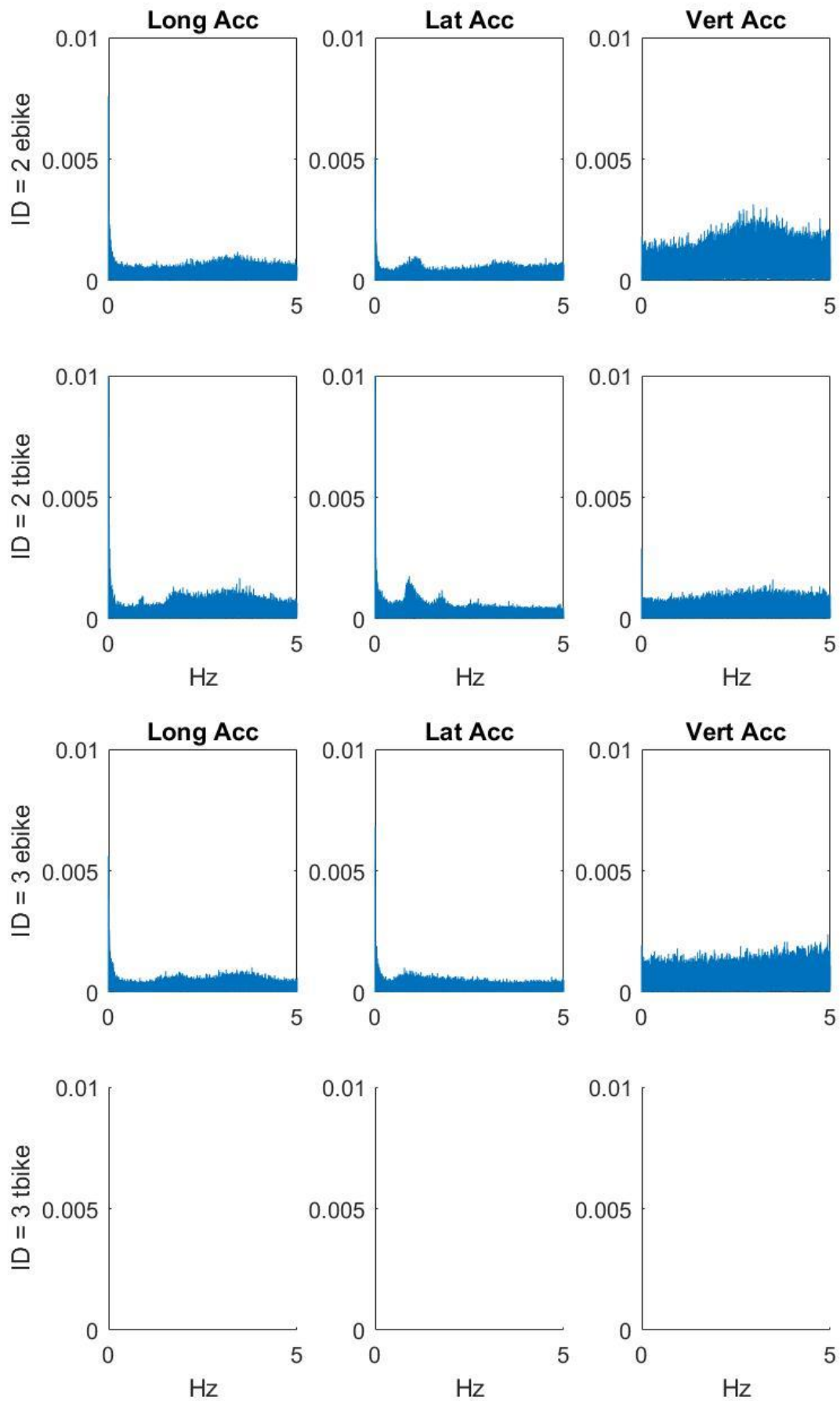
ID	Median acceleration ebike vs tbike [%]	STD acceleration ebike vs tbike [%]	Median deceleration ebike vs tbike [%]	STD deceleration ebike vs tbike [%]
1	-3,3	-5,9	-11,5	-25,9
2	-52,8	-21,6	-53,4	-25,2
3	-	-	-	-
4	-88,2	-71,9	-121,8	-60,3
5	-56,9	-19,8	-61,6	-39,1
6	-7,6	-14,1	-7,8	-38,4
G ± SD	-41,8 ± 0,36	-26,7 ± 26,0	-51,2 ± 46,2	-37,8 ± 14,3

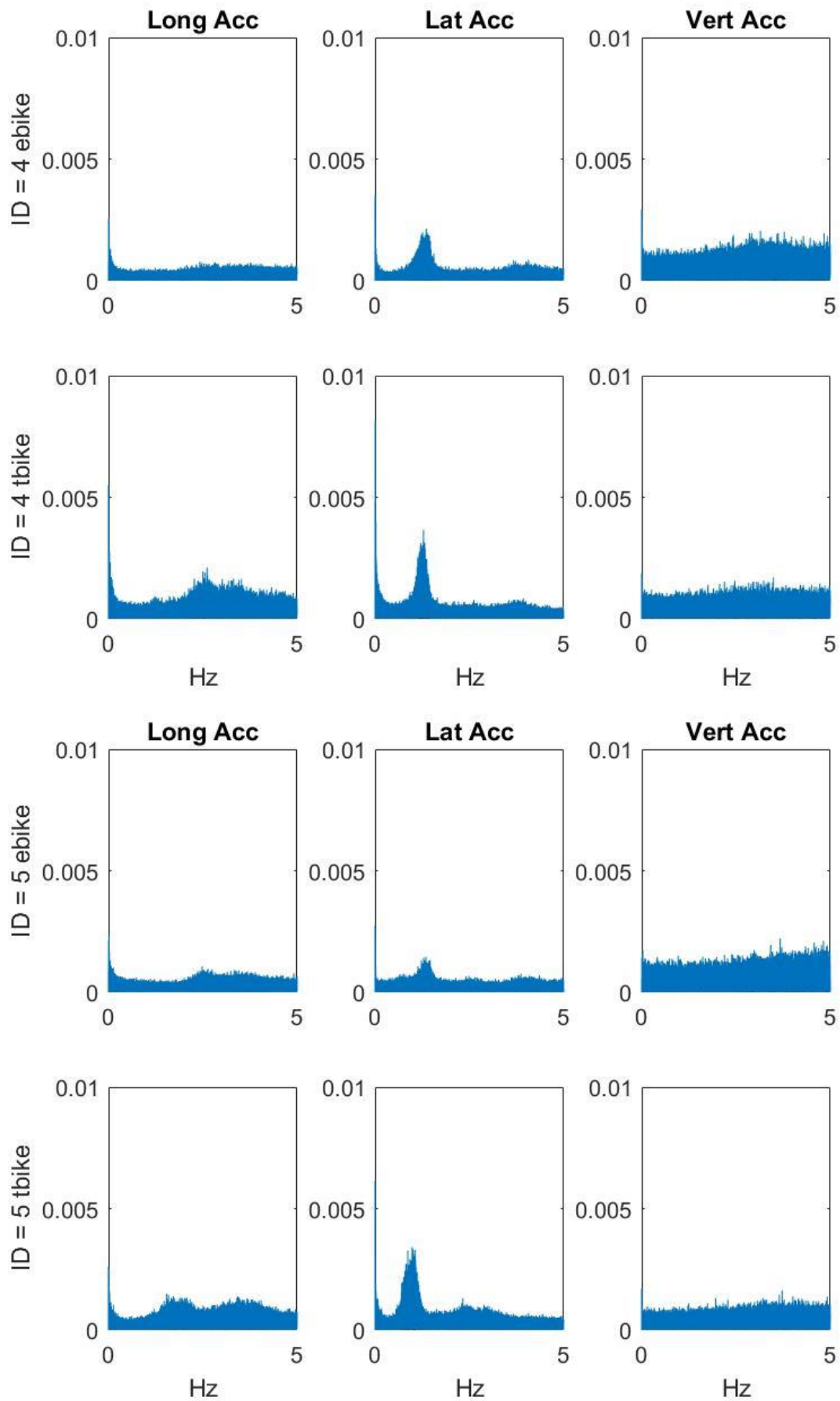
Table A2:2 – Median och standardavvikelse för acceleration för individuella cyklister.

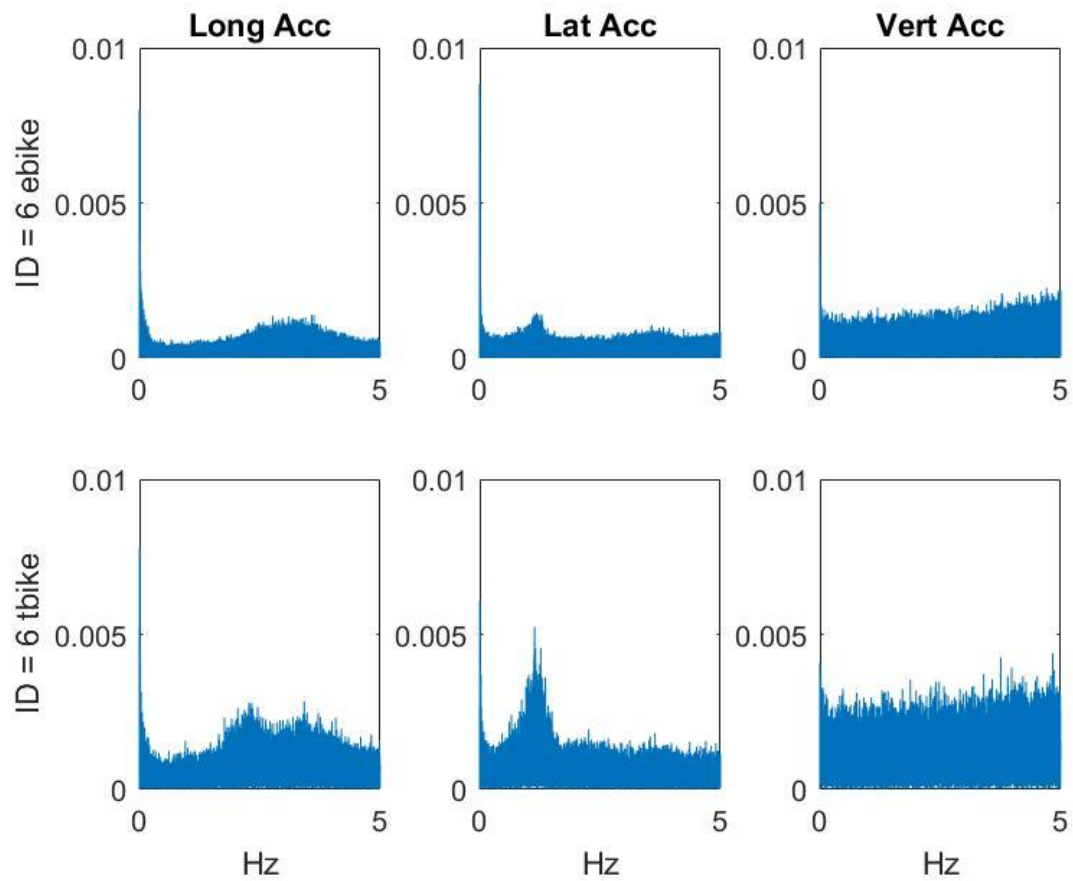
ID	Median lat acceleration ebike vs tbike []	STD lat acceleration ebike vs tbike [%]	Median vert acceleration ebike vs tbike [%]	STD vert acceleration ebike vs tbike [%]
1	-20,6	3,2	34,0	34,3
2	-43,8	-57,3	38,8	47,4
3	-	-	-	-
4	-51,0	-30,5	15,3	21,0
5	-112,5	-59,3	25,8	33,6
6	-15,7	-12,3	5,8	-15,3
G ± SD	-48,7 ± 38,6	-31,2 ± 27,4	23,9 ± 24,0	24,2 ± 24,0

Appendix 3: Frekvensanalys för individuella cyklister.









Kontaktuppgifter

Marco Dozza

CHALMERS - University of Technology

Dept. of Applied Mechanics

Tel: +46 31 772 3621

e-mail: marco.dozza@chalmers.se

SAFER - Box 8077 - S-402 78 - Göteborg - Sweden